



<http://www.geol-alp.com/> © Maurice GIDON

http://www.geol-alp.com/0_geol_gene/tectomicro/0_tectomicro.html



Photographie : Baptiste Journaux

<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg592-2018-01-22.xml>



ST – D Les déformations de la lithosphère

ST – D – 1 La rhéologie de la lithosphère

<https://www.oca.eu/fr/acc-geoazur/582-deformations-lithosphere-geoazur>

Des exemples de déformations à différentes échelles – 1



Le Jura

La dorsale Atlantique (Nord)



Image IBCAO
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat / Copernicus
Image U.S. Geological Survey

Google Earth



Pli faille de St Rambert en Bugey

Photographie : Pierre Thomas

Des exemples de déformations à différentes échelles – 2

Pli faille dans du gypse



Oolithe déformée

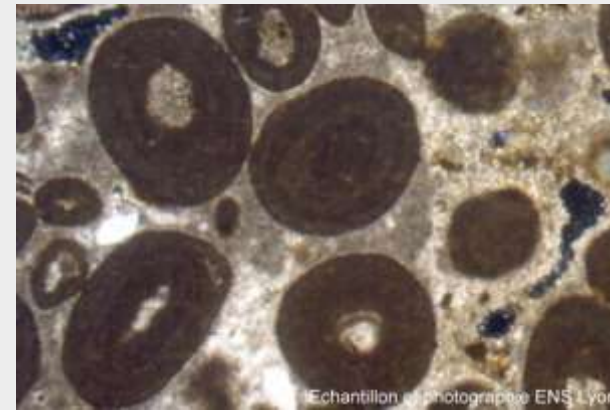
Photographie : Pierre Thomas



0,5 mm

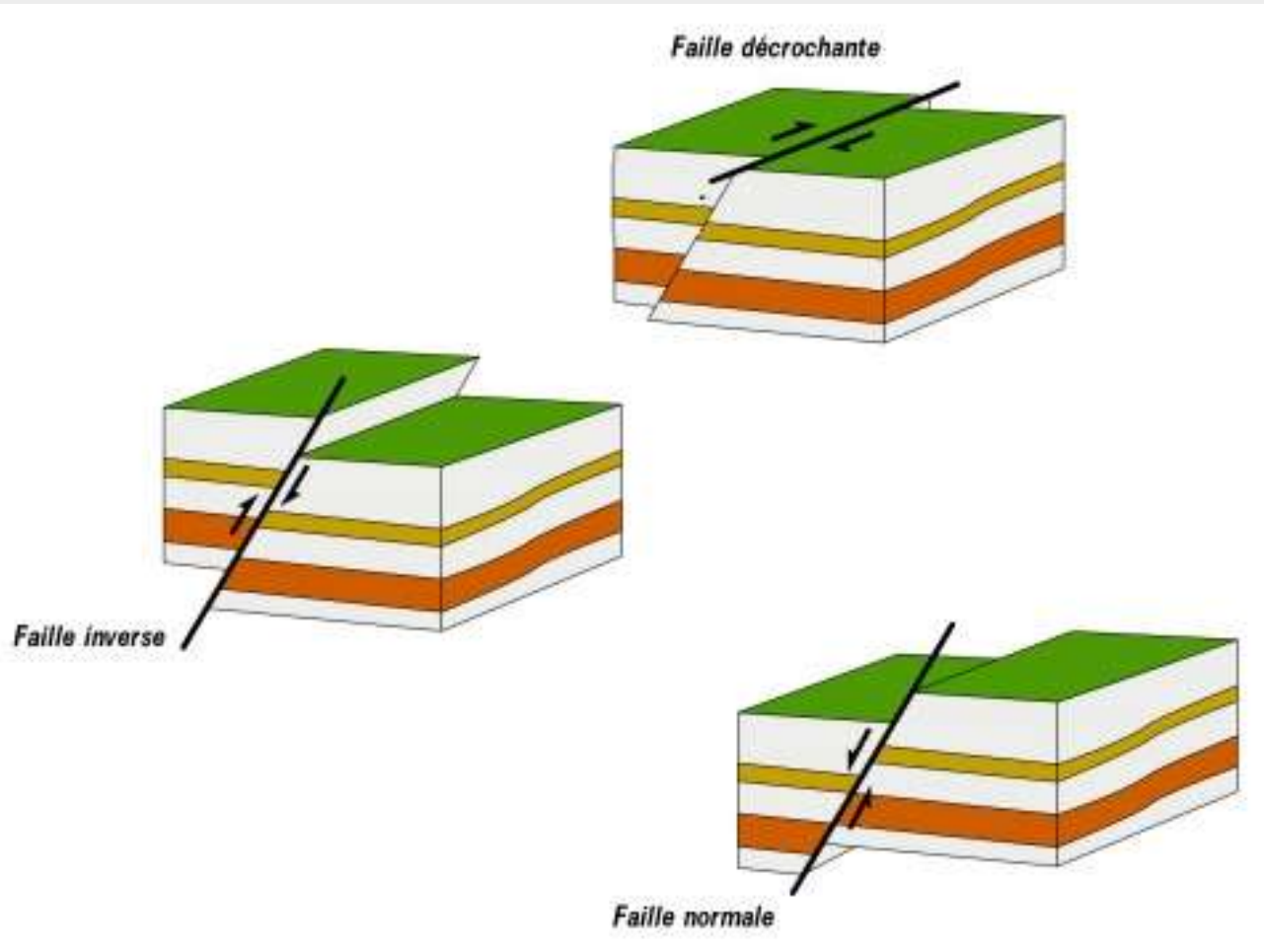
Echantillon et photographie ENS Lyon/Pierre Thomas

Oolithes déformée (à gauche) et non déformées (ci-dessous)



Echantillon et photographie ENS Lyon

Document 1. La translation : un changement de position.



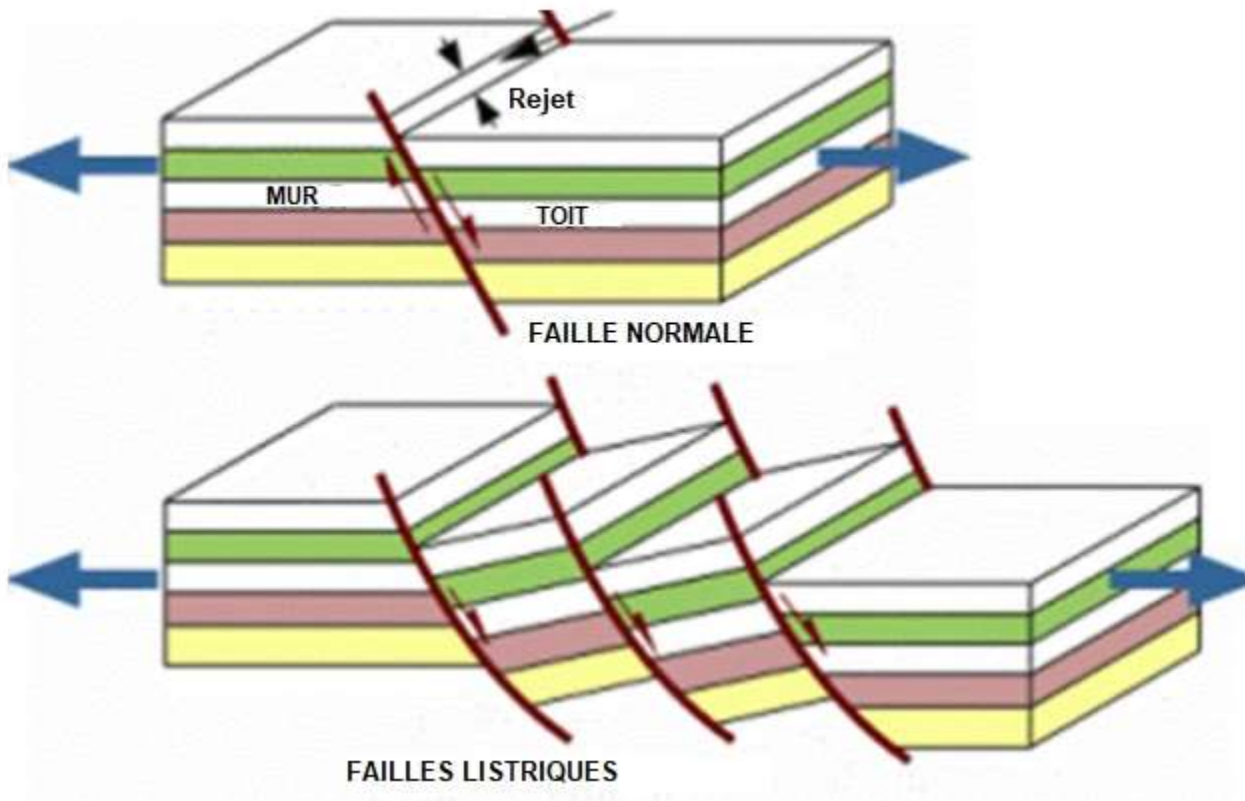
Reconstitution du déplacement de la plaque indienne



Déplacement relatif de 2 blocs de part et d'autre d'une faille

https://www.geodiversite.net/media581?debut_serie=1370

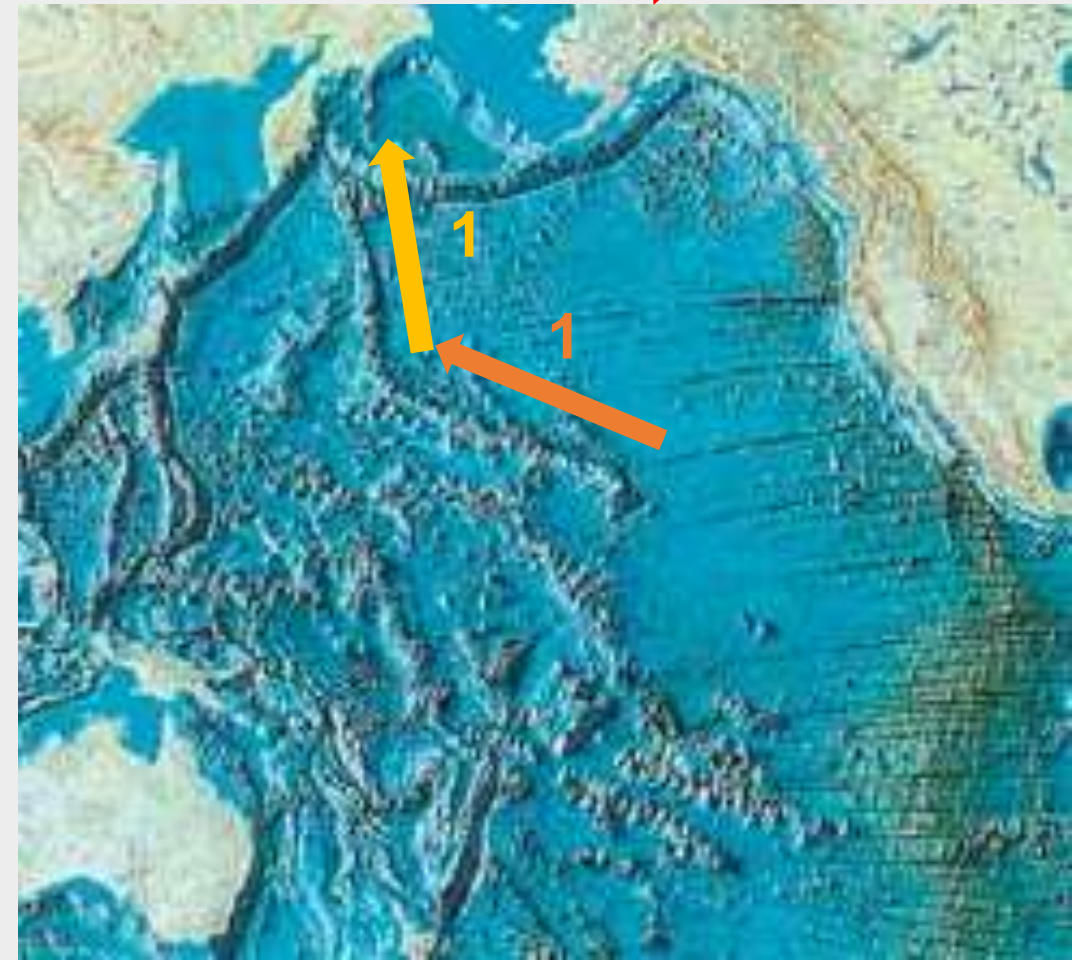
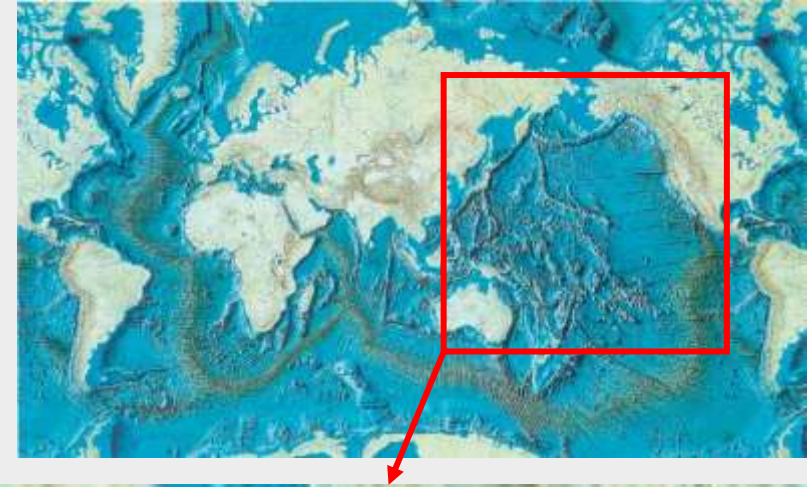
Document 2. La rotation : un changement de direction.



Blocs basculés par le jeu de failles listriques

ivanbour.files.wordpress.com

La trace du point chaud d'Hawaï et le changement de direction de la plaque Pacifique



La distorsion : un changement de forme et de volume



Un rostre de Belemnite tronqué

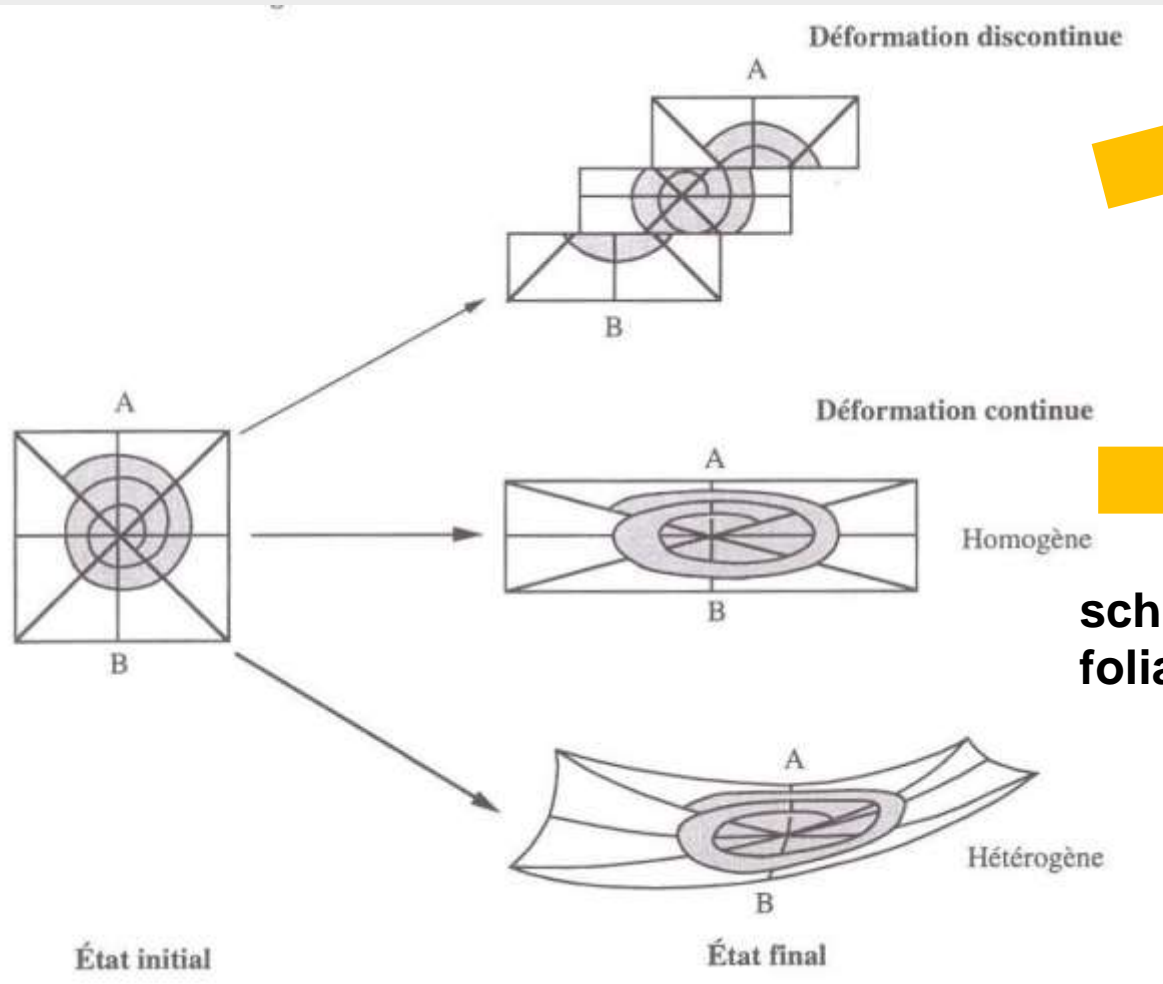
<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg163-2006-05-29.xml>



Une oolite déformée

<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg91-2004-09-13.xml>

Document 3. Les différents types de déformations finies.



failles



Photographie : Pierre Thomas

<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg303-2010-02-08.xml>



schistosité
foliation

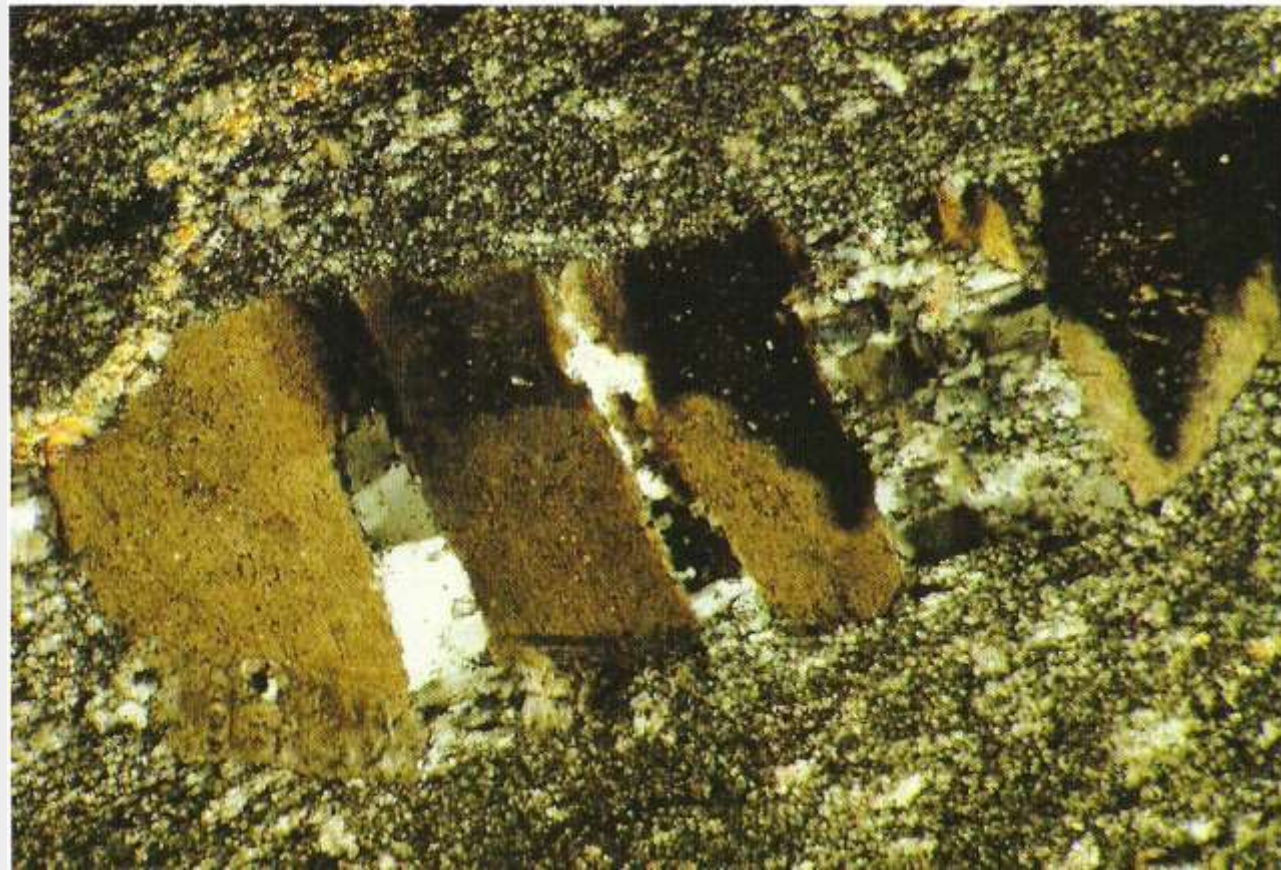


plis

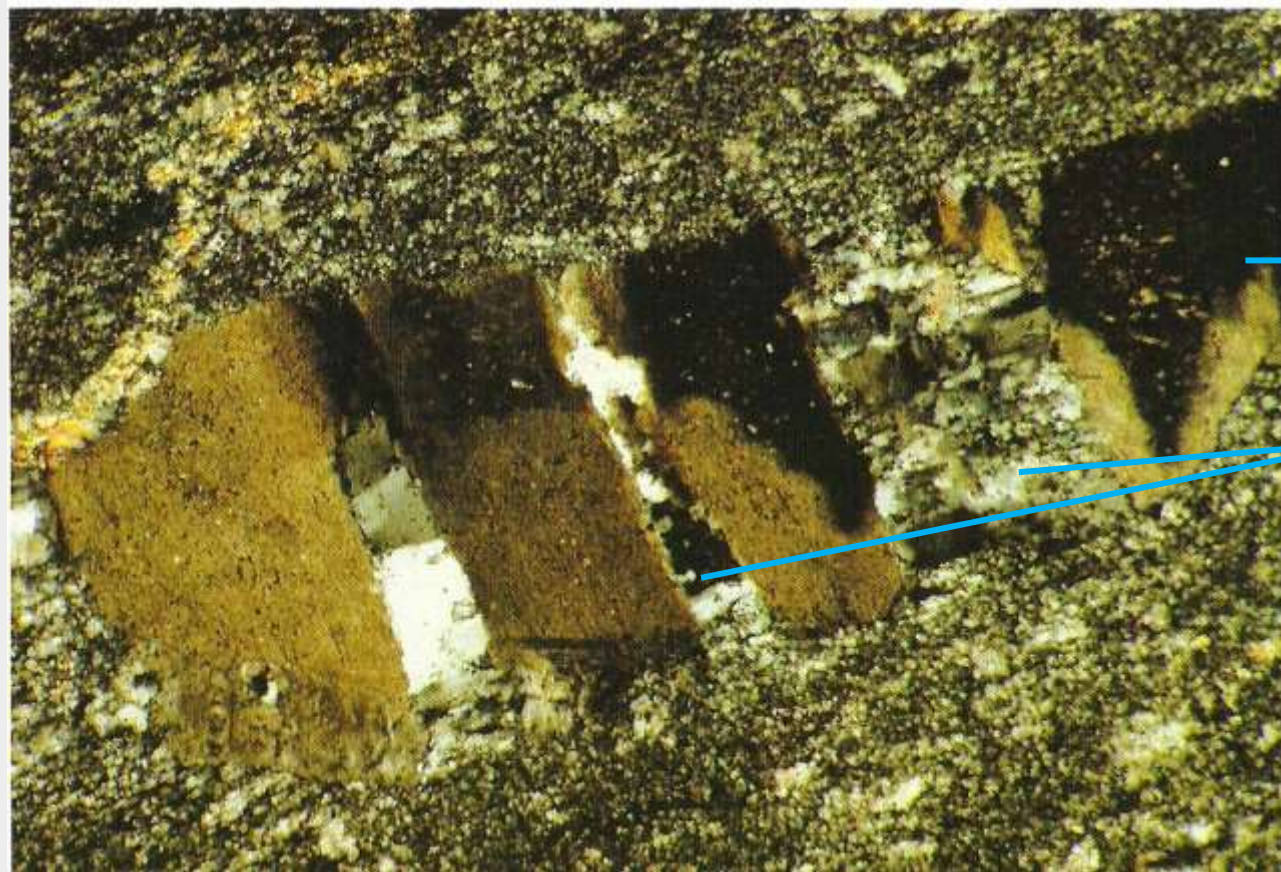


Photo : Alain FARALLI

Cristal de feldspath déformé – plan B



Cristal de feldspath déformé – plan B

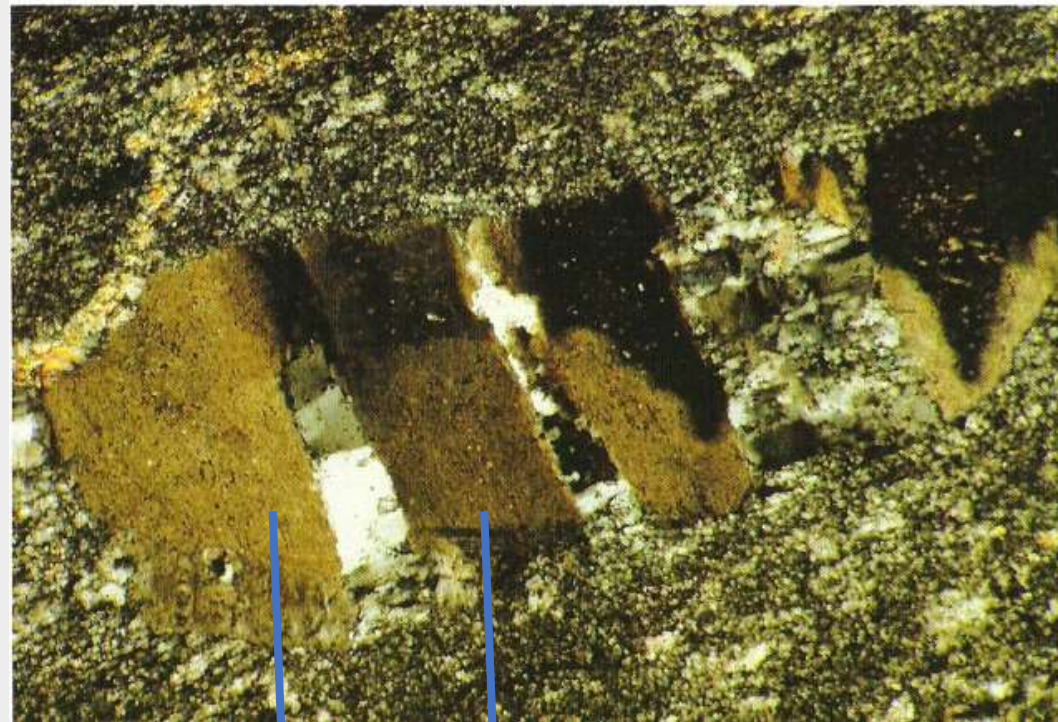


Cristal tronçonné

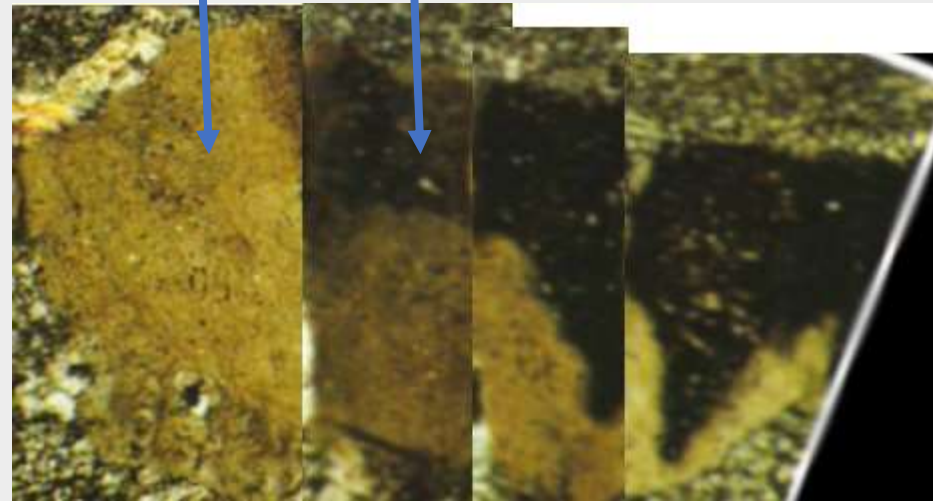
Recristallisations
de quartz

Cristal de feldspath déformé – plan B

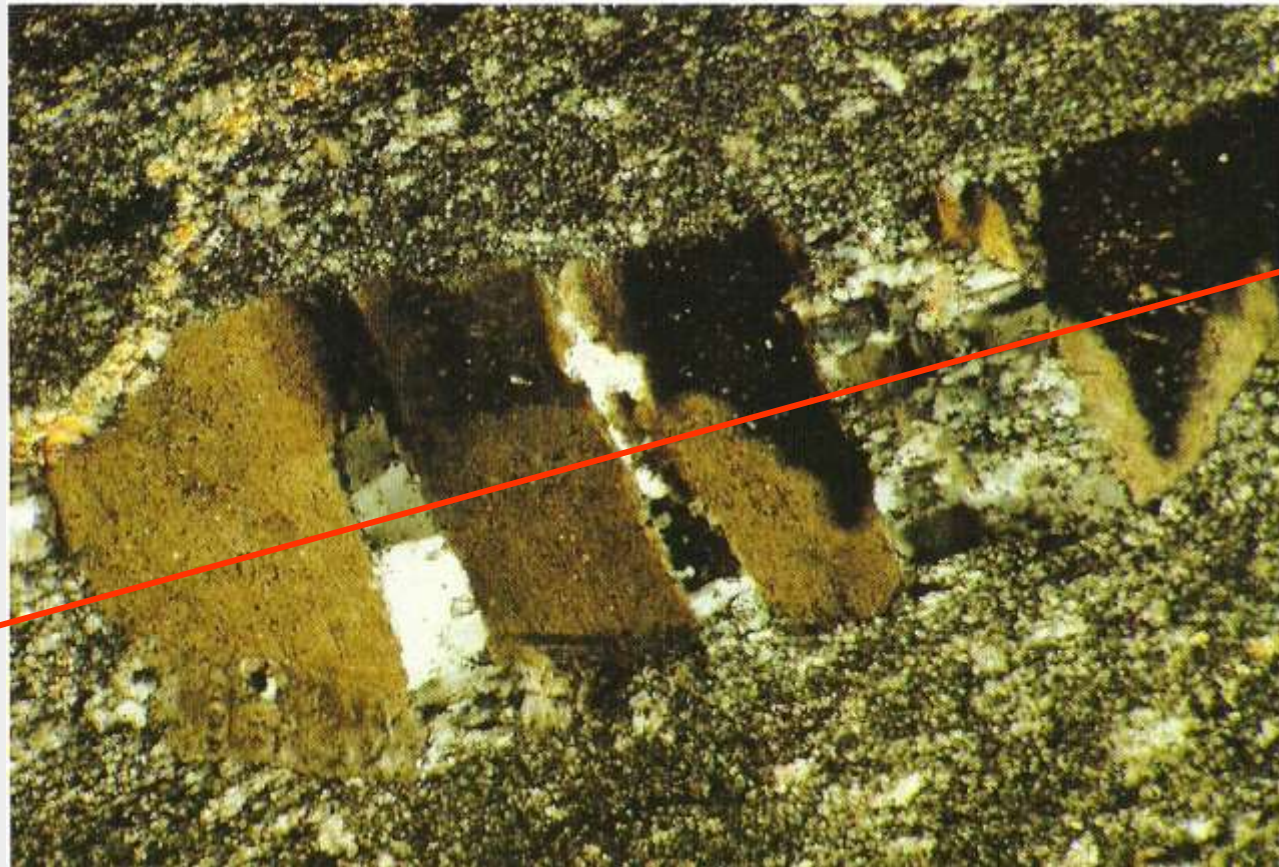
Après
déformation



Etat initial
hypothétique



Cristal de feldspath déformé – plan B



x

Elongation

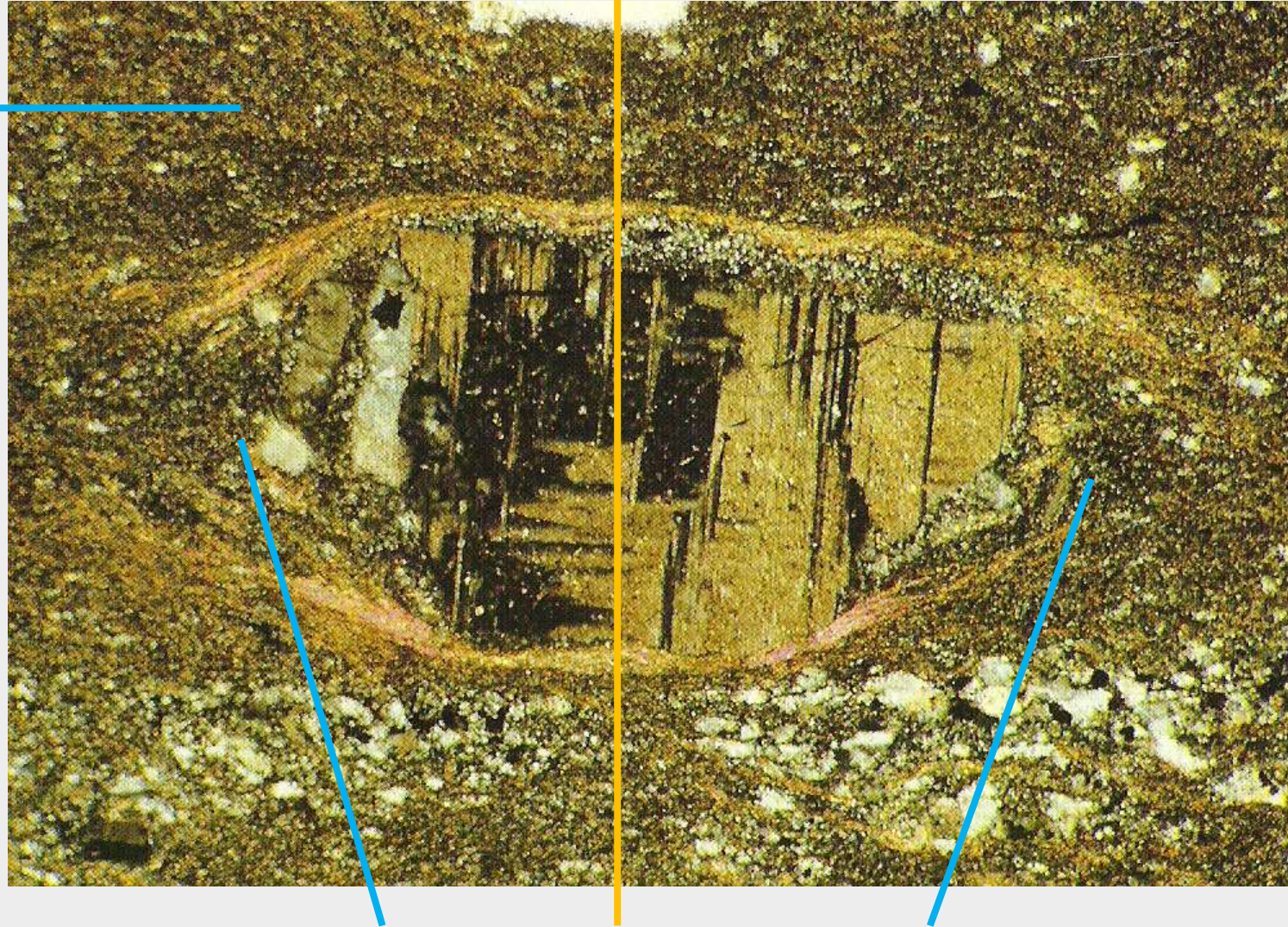
$$\varepsilon = \frac{L_{\text{finale}} - L_{\text{initiale}}}{L_{\text{initiale}}} = \frac{L_f - L_0}{L_0}$$

$$\varepsilon = \frac{11 - 7,7}{7,7} = +40\%$$

Cristal de feldspath déformé – plan A

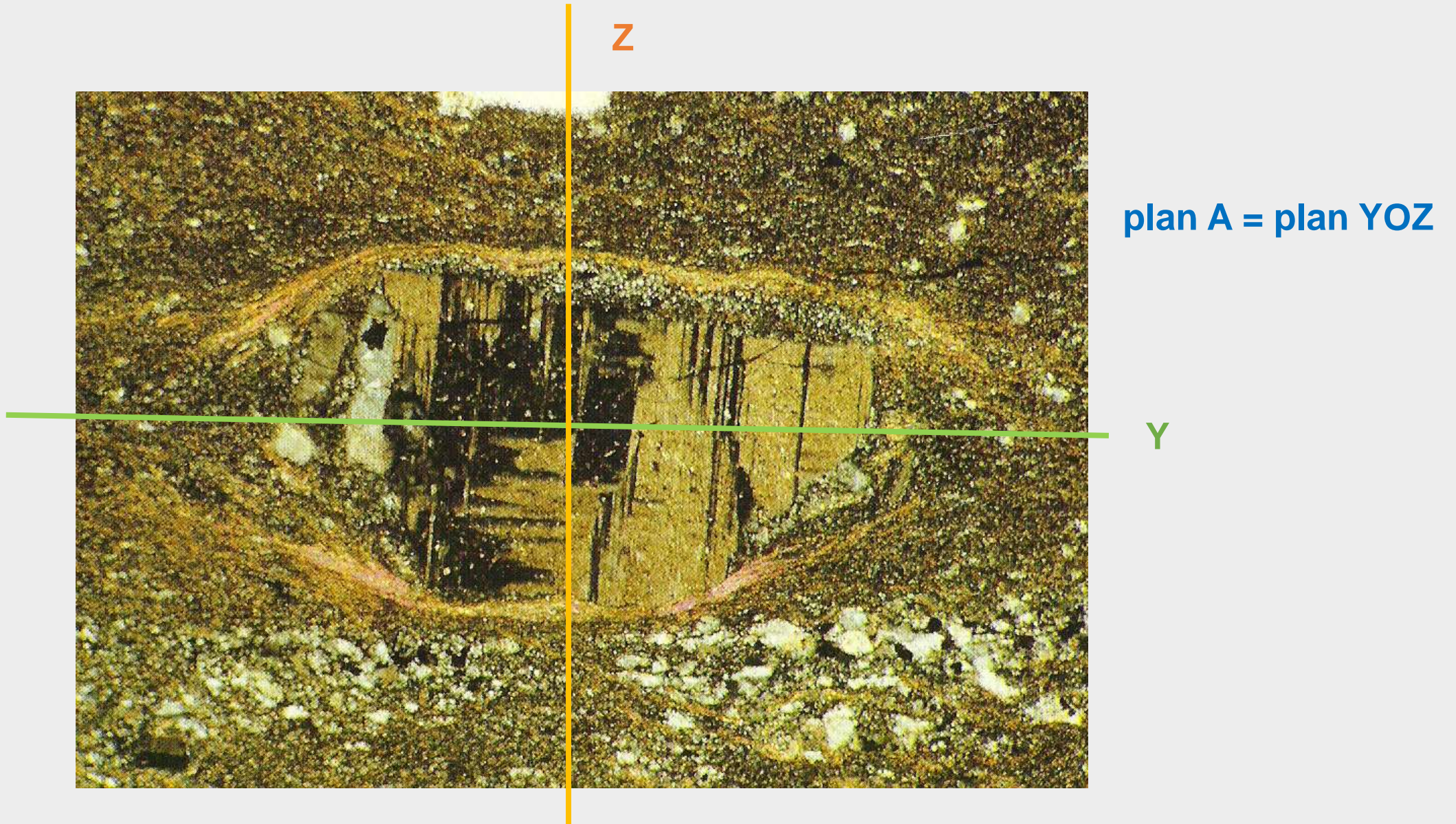
Raccourcissement

Schistosité

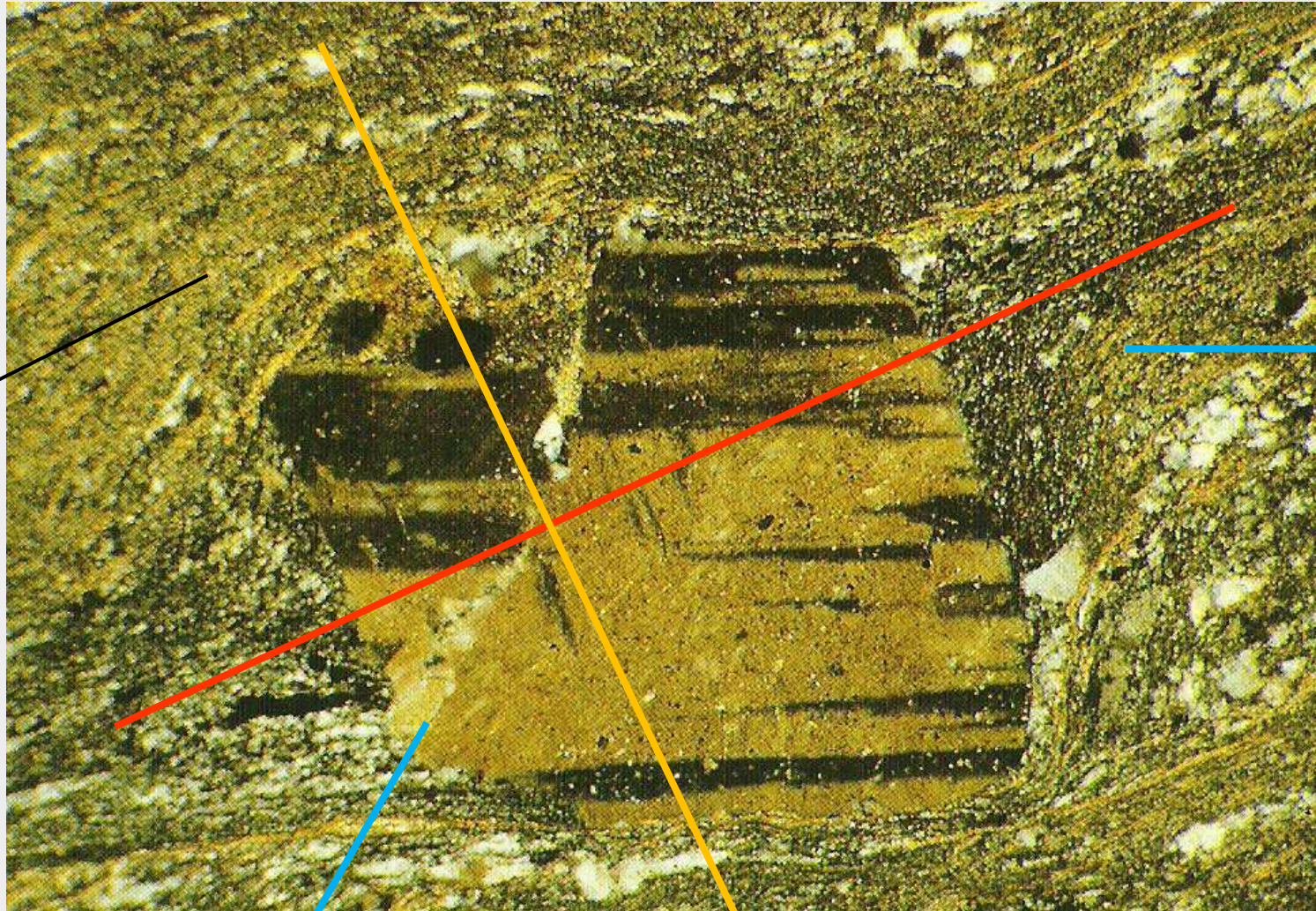


Recristallisations de quartz symétriques

Cristal de feldspath déformé – plan A



Cristal de feldspath déformé – plan C



schistosité

Faille

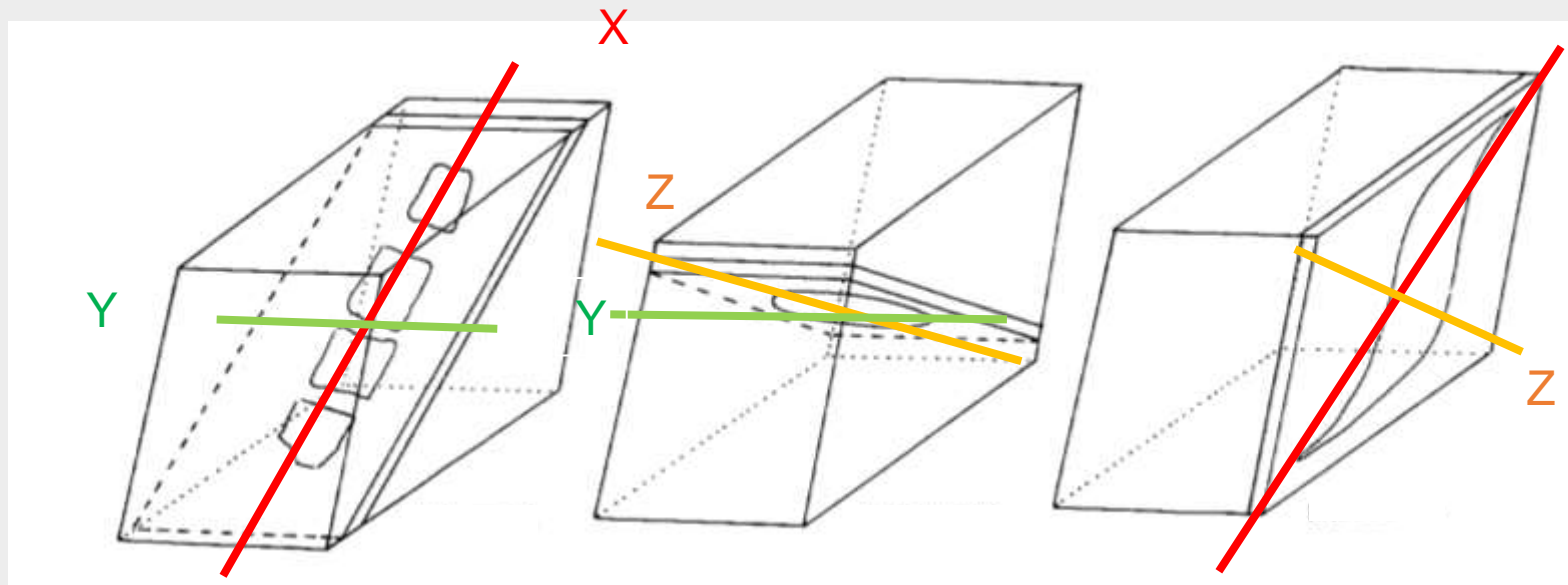
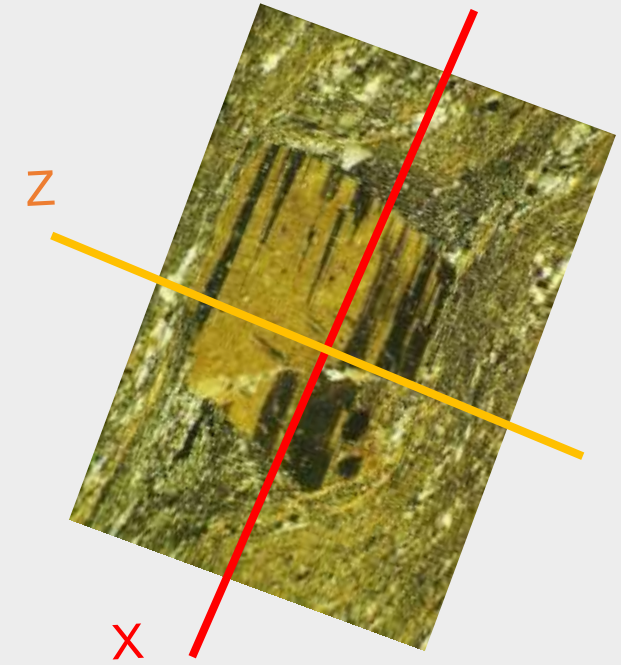
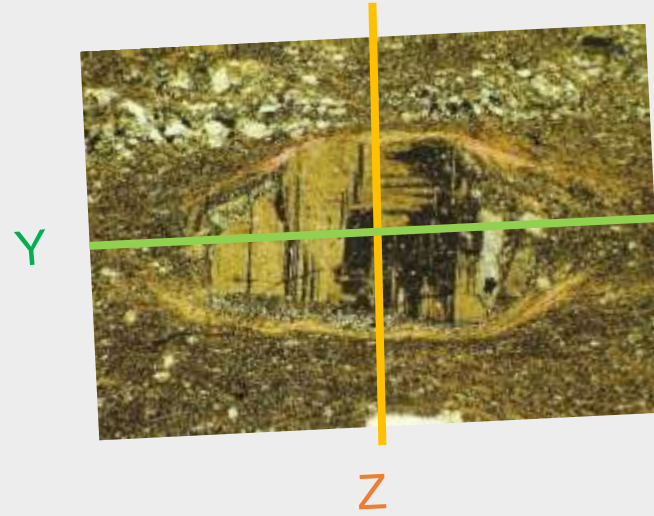
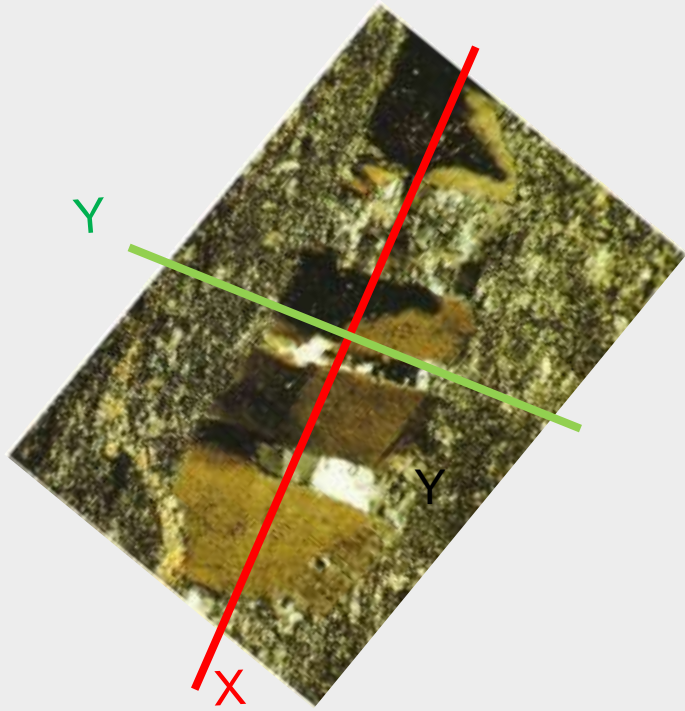
Z

X

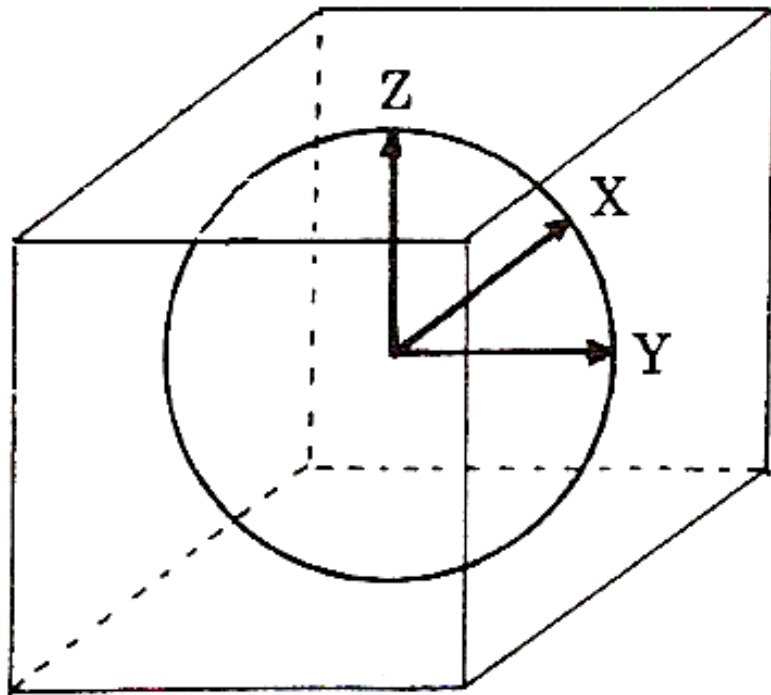
Recrystallisations
dissymétriques =
sigmoïdes

plan C = plan XOZ

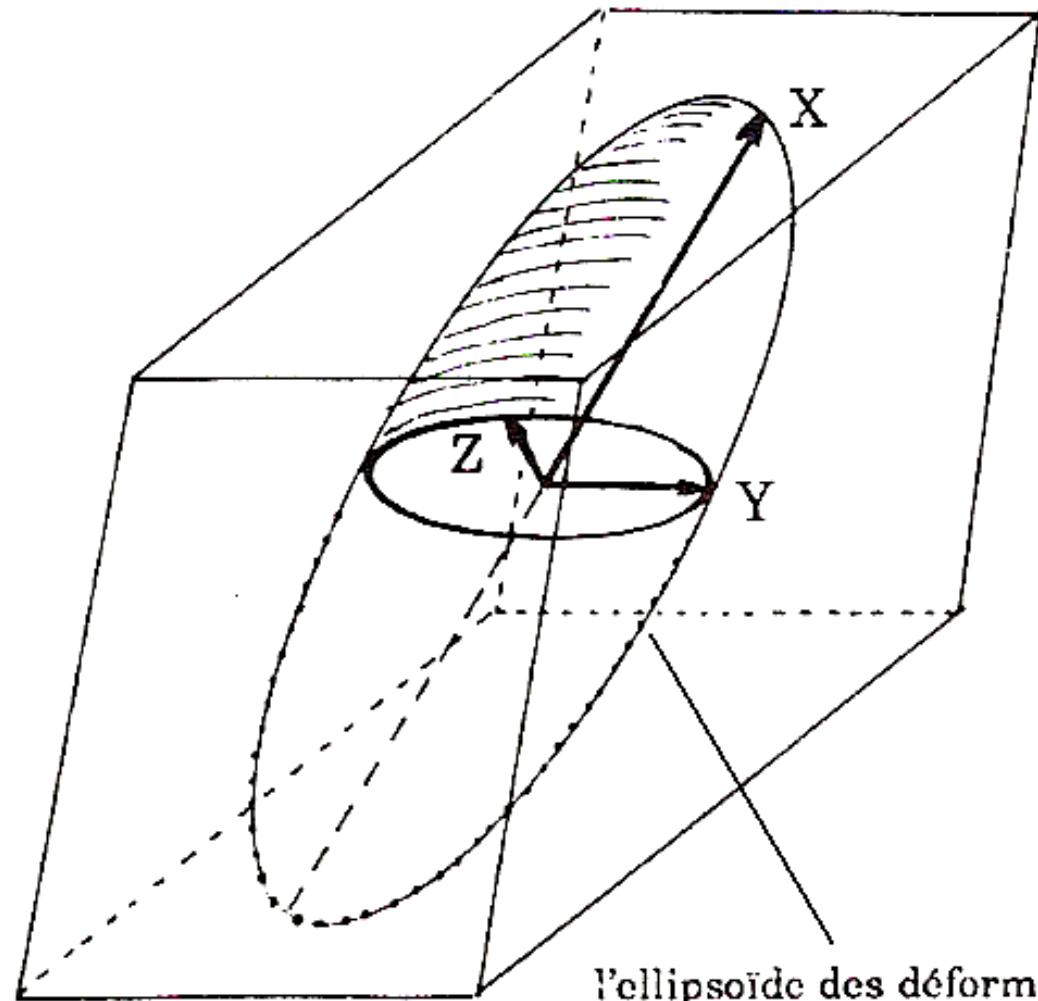
Reconstitution de la déformation dans l'espace



Document 5. L'ellipsoïde des déformations.



Etat initial

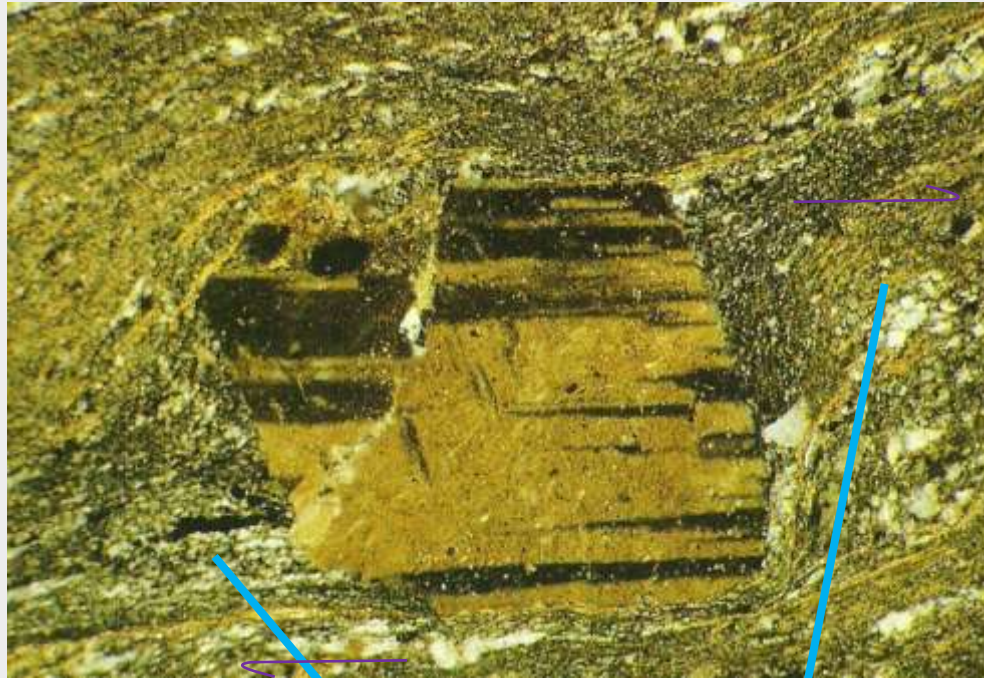


Etat final

l'ellipsoïde des déformations

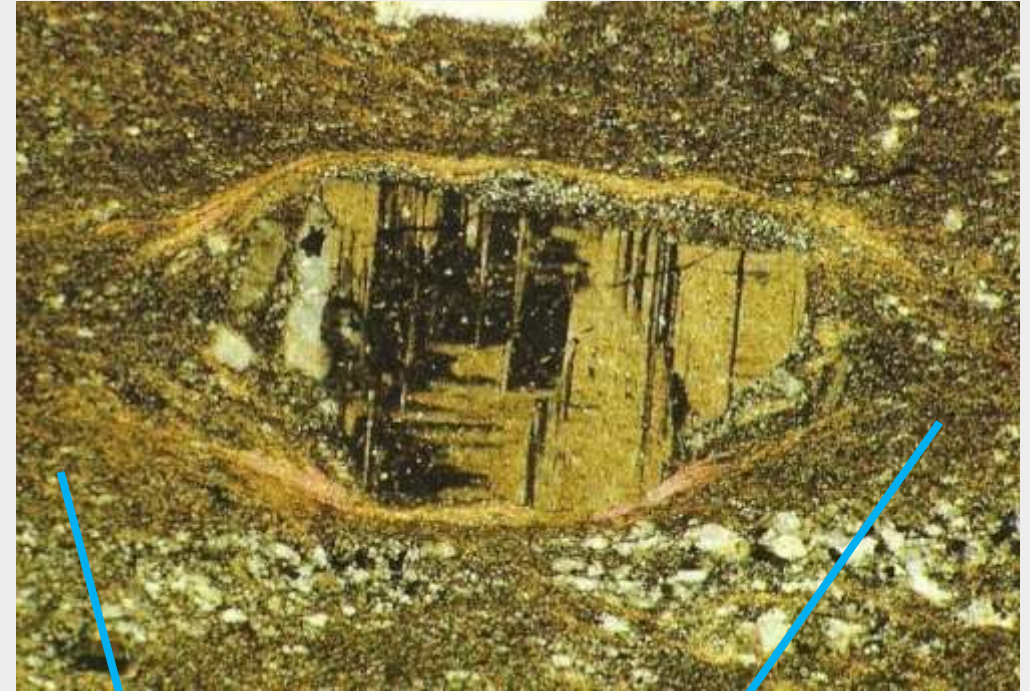
Cristal de feldspath déformé

Plan XOZ



Recristallisations
dissymétriques : indice de
cisaillement simple

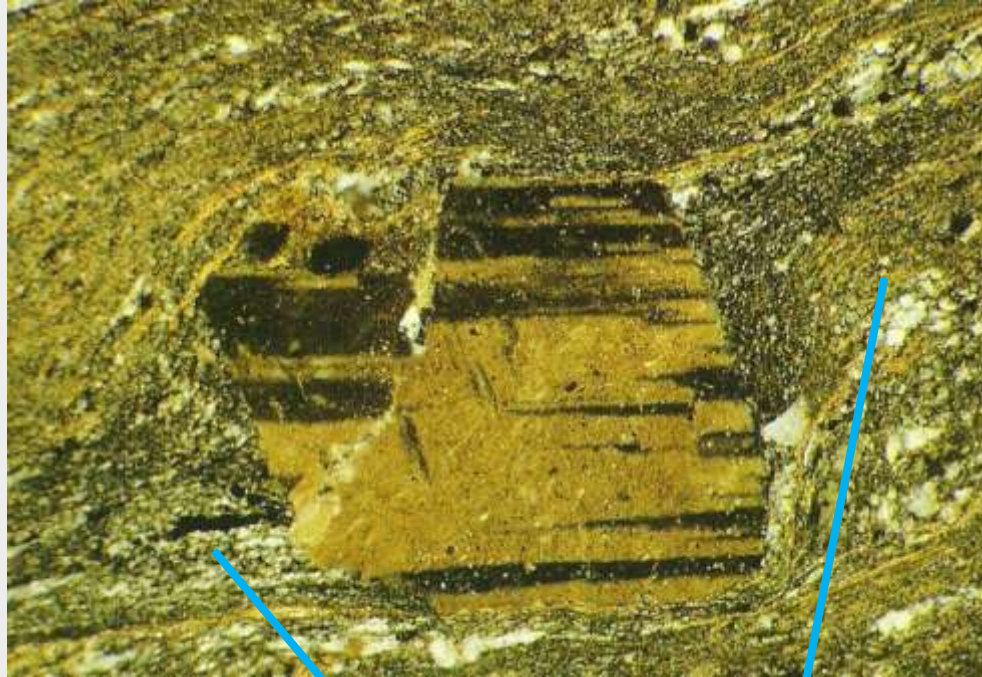
Plan YOZ



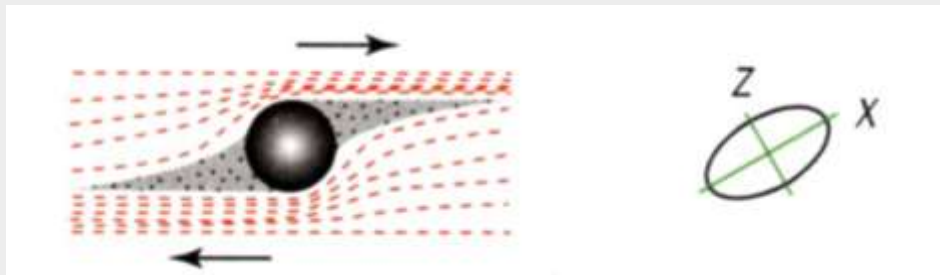
Recristallisations
symétriques : pas d'indice
de cisaillement simple

Cristal de feldspath déformé

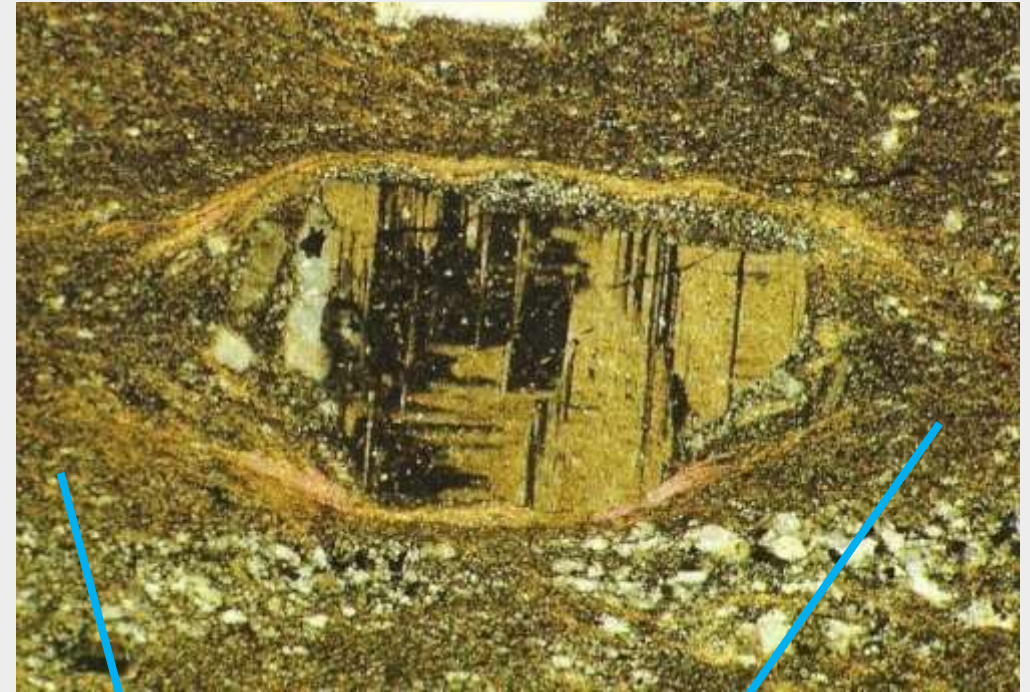
Plan XOZ



Recristallisations dissymétriques : indice de cisaillement simple



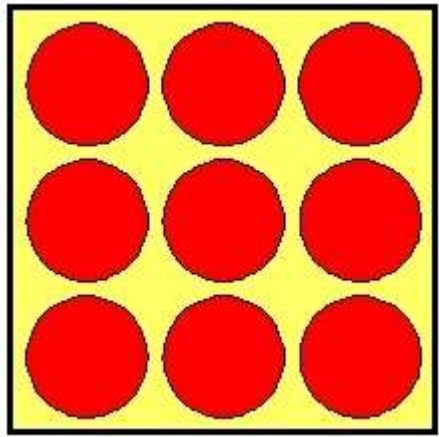
Plan YOZ



Recristallisations symétriques : pas d'indice de cisaillement simple

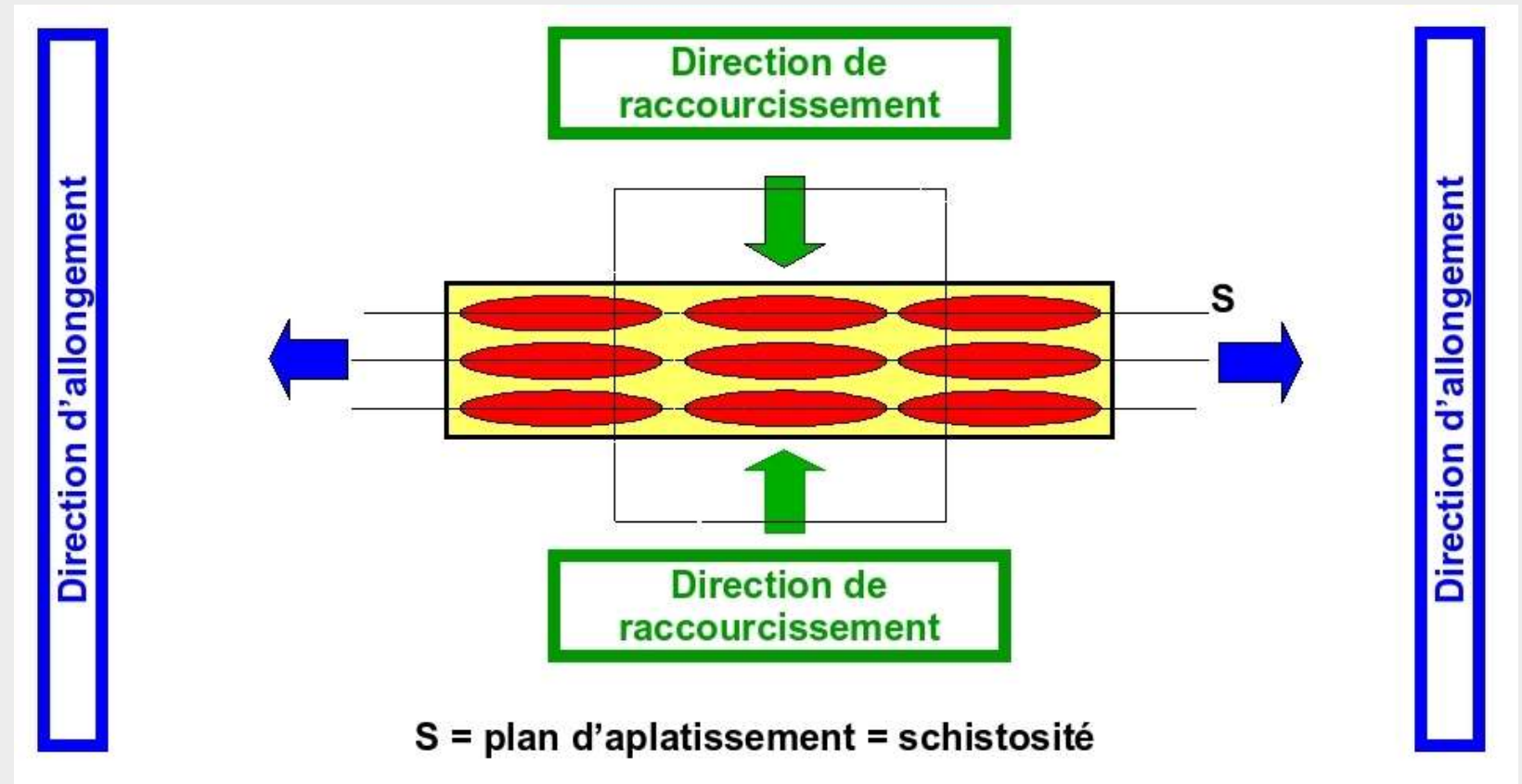
Document 6. Déformation par « aplatissement / étirement purs ».

<https://video.ens-lyon.fr/eduscol-pt/2007/pure-shear.webm>



État initial

La surface de la couche reste constante par la suite (pas de déformation perpendiculairement à l'écran).

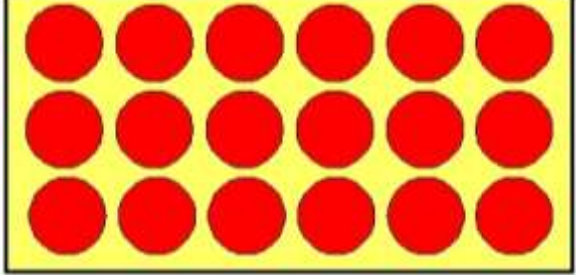


Déformation modérée

Une schistosité se développe selon le plan d'aplatissement

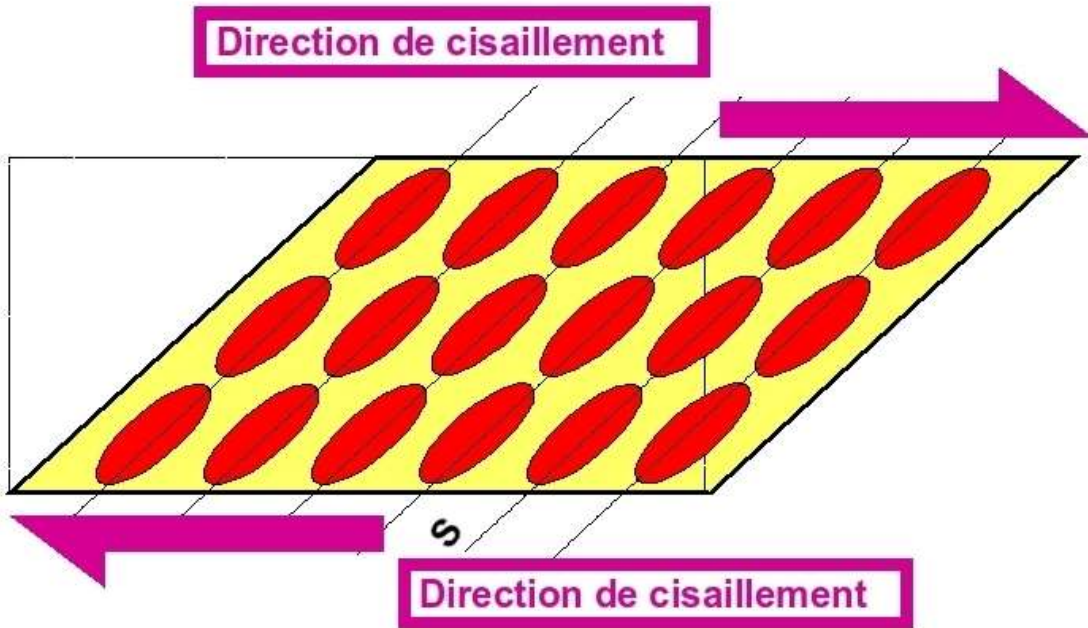
Document 7. Déformation par cisaillement simple.

<https://video.ens-lyon.fr/eduscol-pt/2007/simple-shear-continu.webm>



État initial

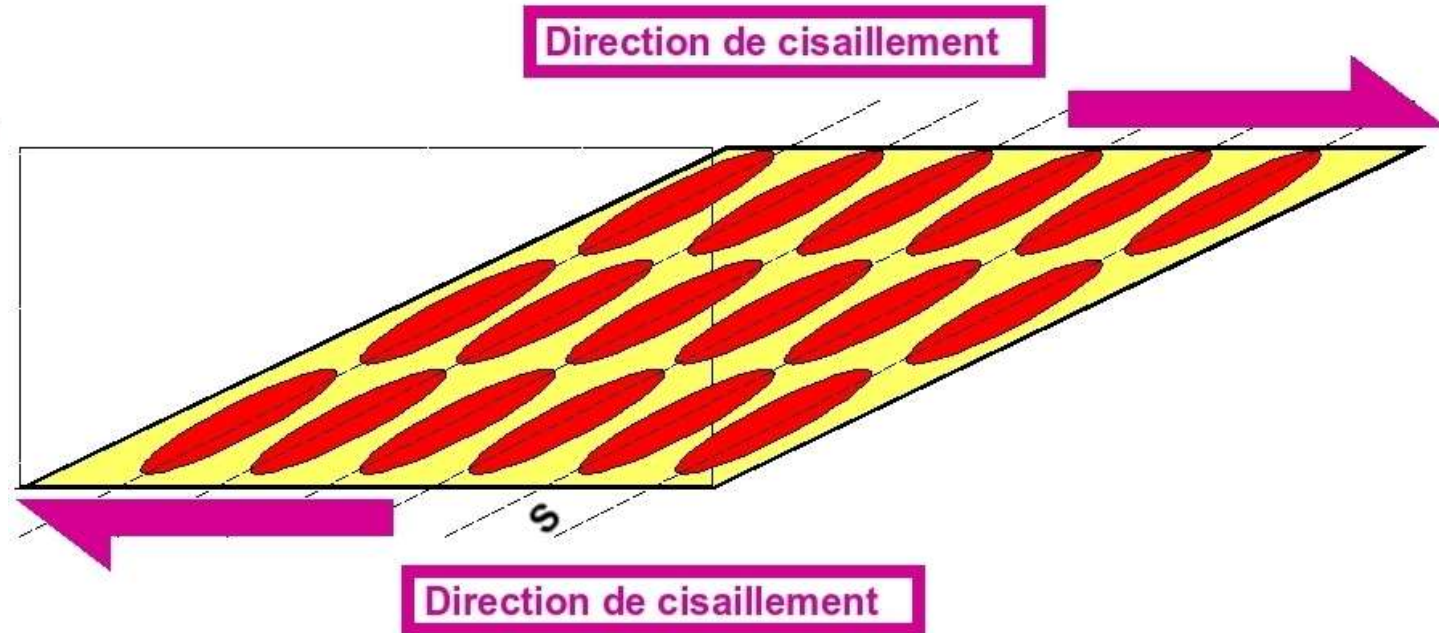
La surface de la couche reste constante par la suite (pas de déformation perpendiculairement à l'écran).



S = plan d'aplatissement = schistosité

Déformation continue modérée

Une schistosité se développe selon le plan d'aplatissement



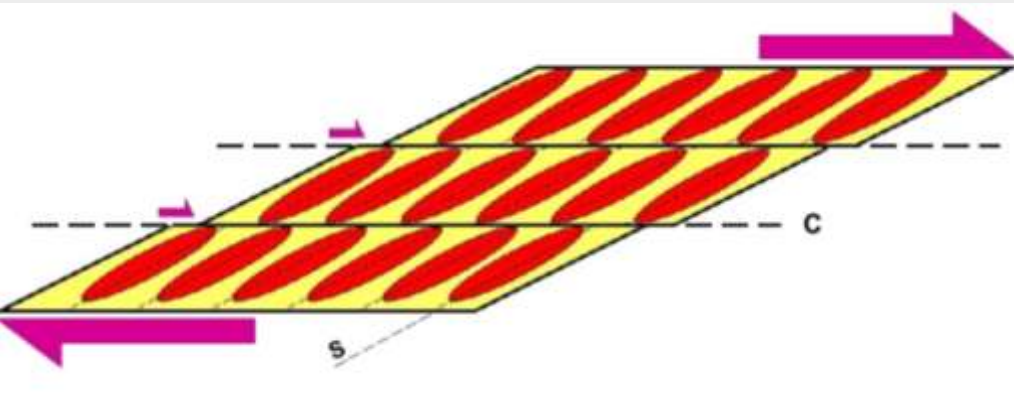
S = plan d'aplatissement = schistosité

Déformation continue importante

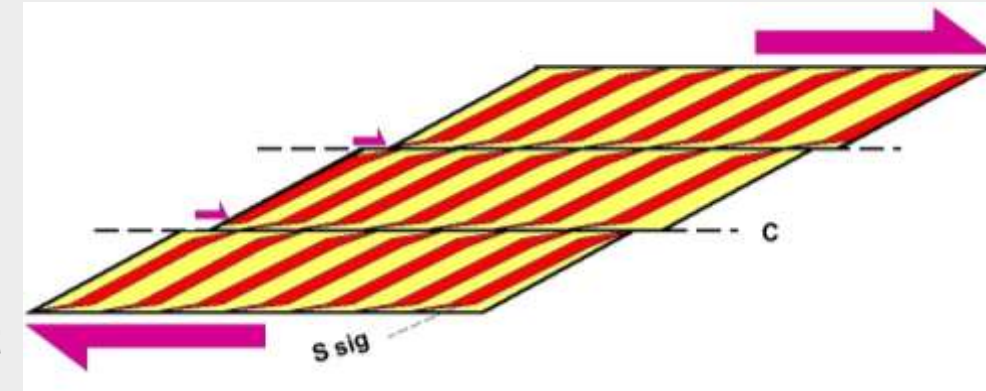
La schistosité qui se développe selon le plan d'aplatissement se rapproche de la direction (du plan, en 3D) de cisaillement

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-schisto-cisailt.xml>

Document 8. Déformation par cisaillement simple : déformation importante, partiellement discontinue.



C = plan de cisaillement



S sig = plan d'aplatissement cisailé = schistosité sigmoïde

Les ellipses sont des « sigmoïdes »

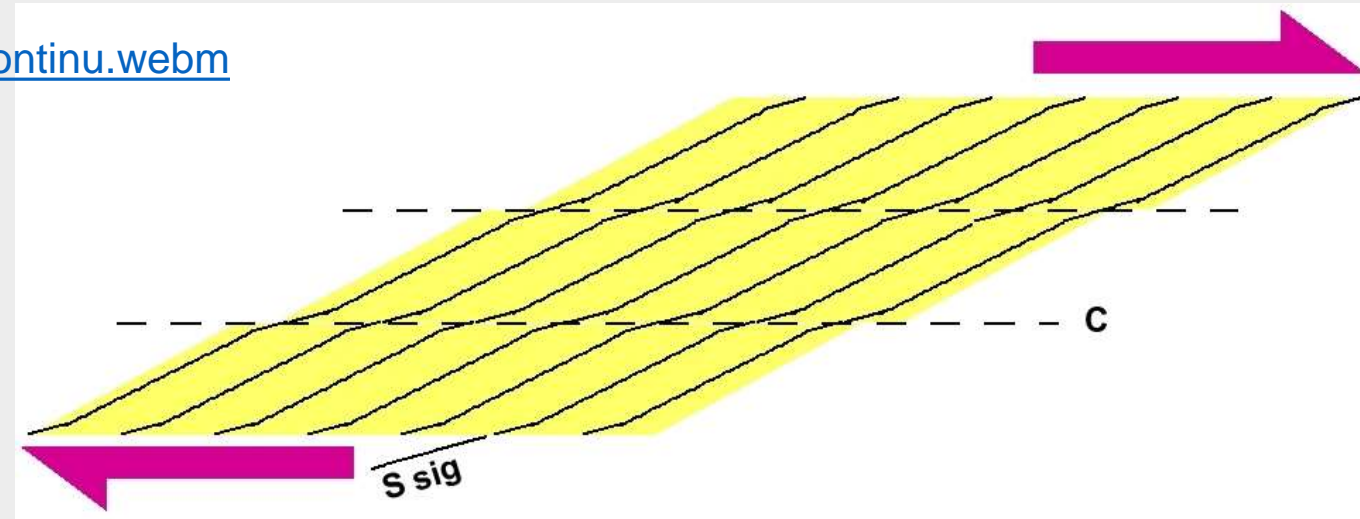
S = plan d'aplatissement = schistosité

Des plans de cisaillement se développent et « perturbent » la schistosité

<https://video.ens-lyon.fr/eduscol-pt/2007/simple-shear-discontinu.webm>

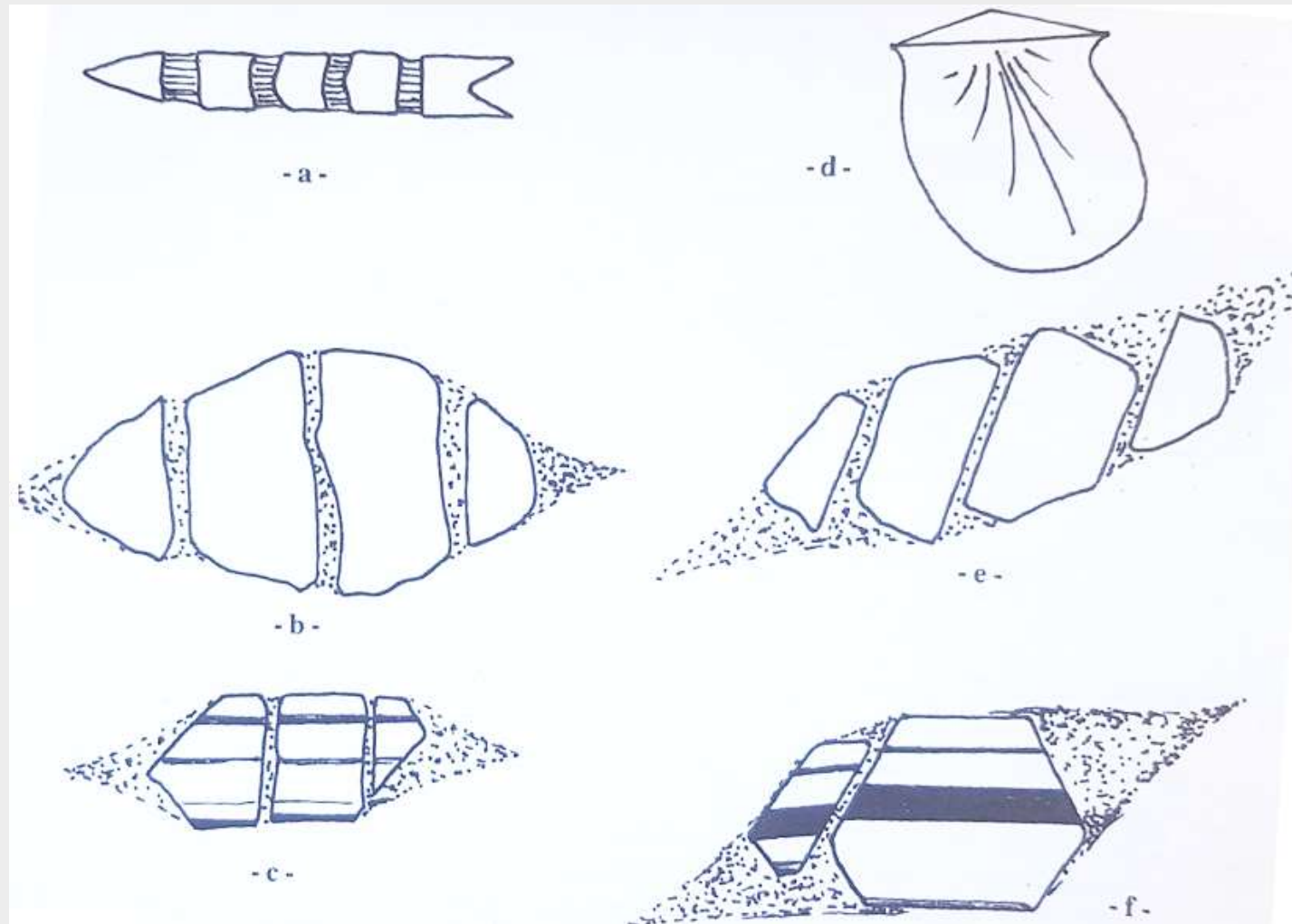
La roche "cisillée" montre :

- des plans de cisaillement (plans C) parallèles à la direction générale de cisaillement,
- et une schistosité (plans S) qui indique le sens de cisaillement (le cisaillement tend à coucher la schistosité selon les plans C) .



<http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-schisto-cisailt.xml>

Document 9. Quelques exemples simples pour distinguer les deux types de cisaillement.



Sur les exemples a, b et c, il est aisé de déterminer :

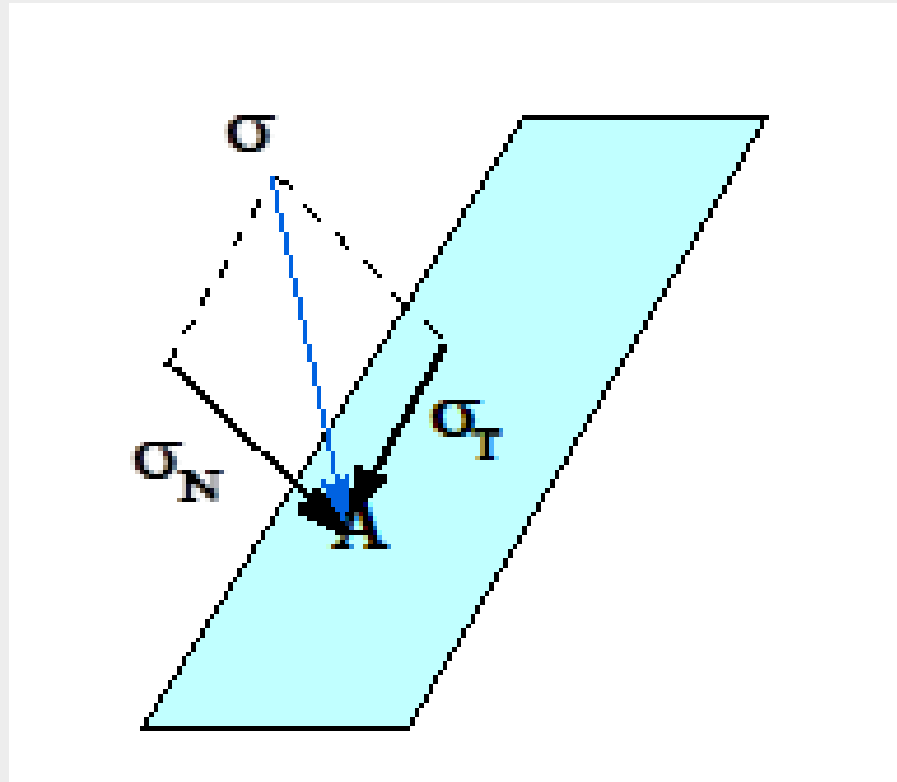
- l'allongement ou extension (déformation) $\varepsilon = (L_f - L_0) / L_0$
- et l'étirement $\lambda = L_f / L_0$

- Définir une contrainte :

$$\sigma = \lim dF/dS$$

en pascal ou en bar sachant que : 1 bar = 10^5 Pa

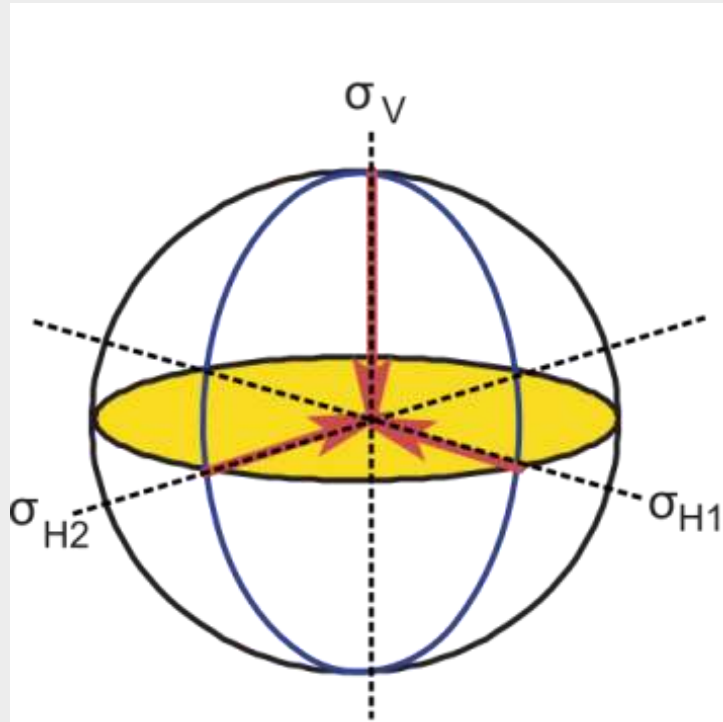
- Décomposer un vecteur contrainte :



σ_N contrainte normale à la surface

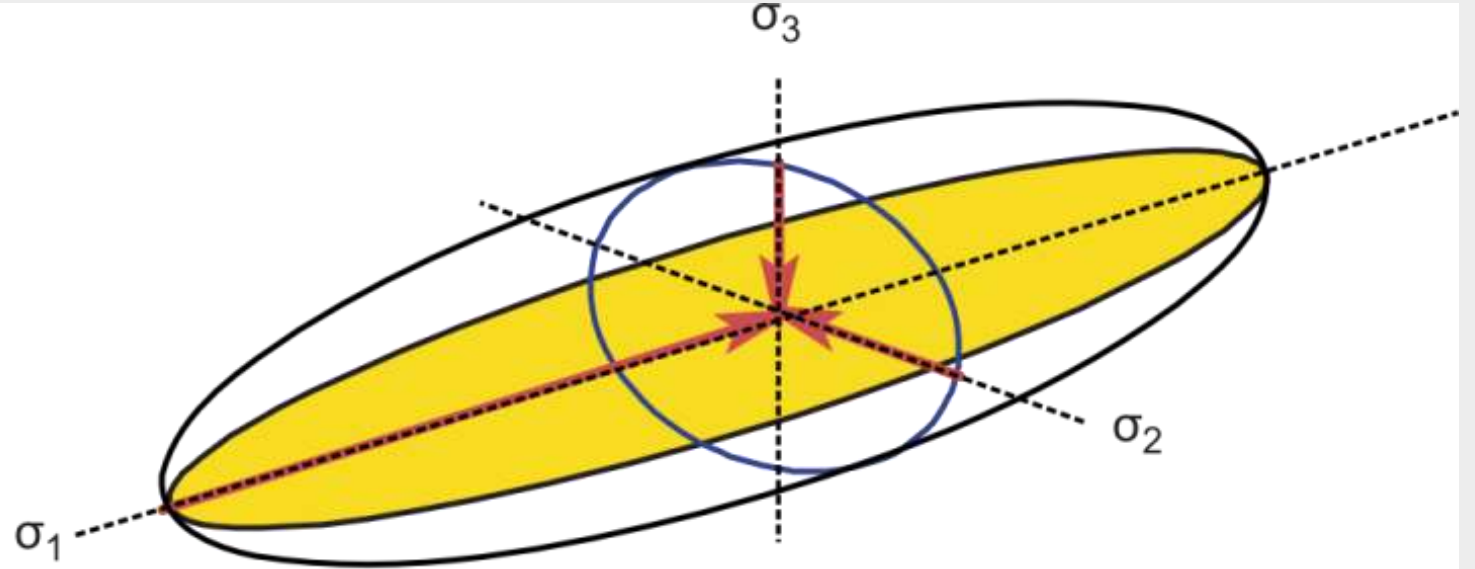
σ_T contrainte tangentielle =
composante de cisaillement

Document 10. Décomposition d'une contrainte définissant l'ellipsoïde des contraintes.



a) Champ de contraintes isotropes

$$\sigma_V = \sigma_{H1} = \sigma_{H2}$$



b) Champ de contraintes anisotropes

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

σ_1 = contrainte maximale

σ_3 = contrainte minimale

σ_2 = contrainte intermédiaire

Bilan :

Décrire une déformation

- Prendre des repères permettant d'avoir une idée de l'état initial.
- Repérer les déformations continues (sans cassures) et discontinues (avec cassure). Dans ce cas, rechercher direction et sens des mouvements relatifs des compartiments.
- Chercher à placer les 3 axes de l'ellipsoïde des déformations : OX, OY, OZ.
- Rechercher des indices éventuels de cisaillement simple.
- Si c'est possible : quantifier la déformation, déterminer les directions des axes de l'ellipsoïde des contraintes.

Attention :

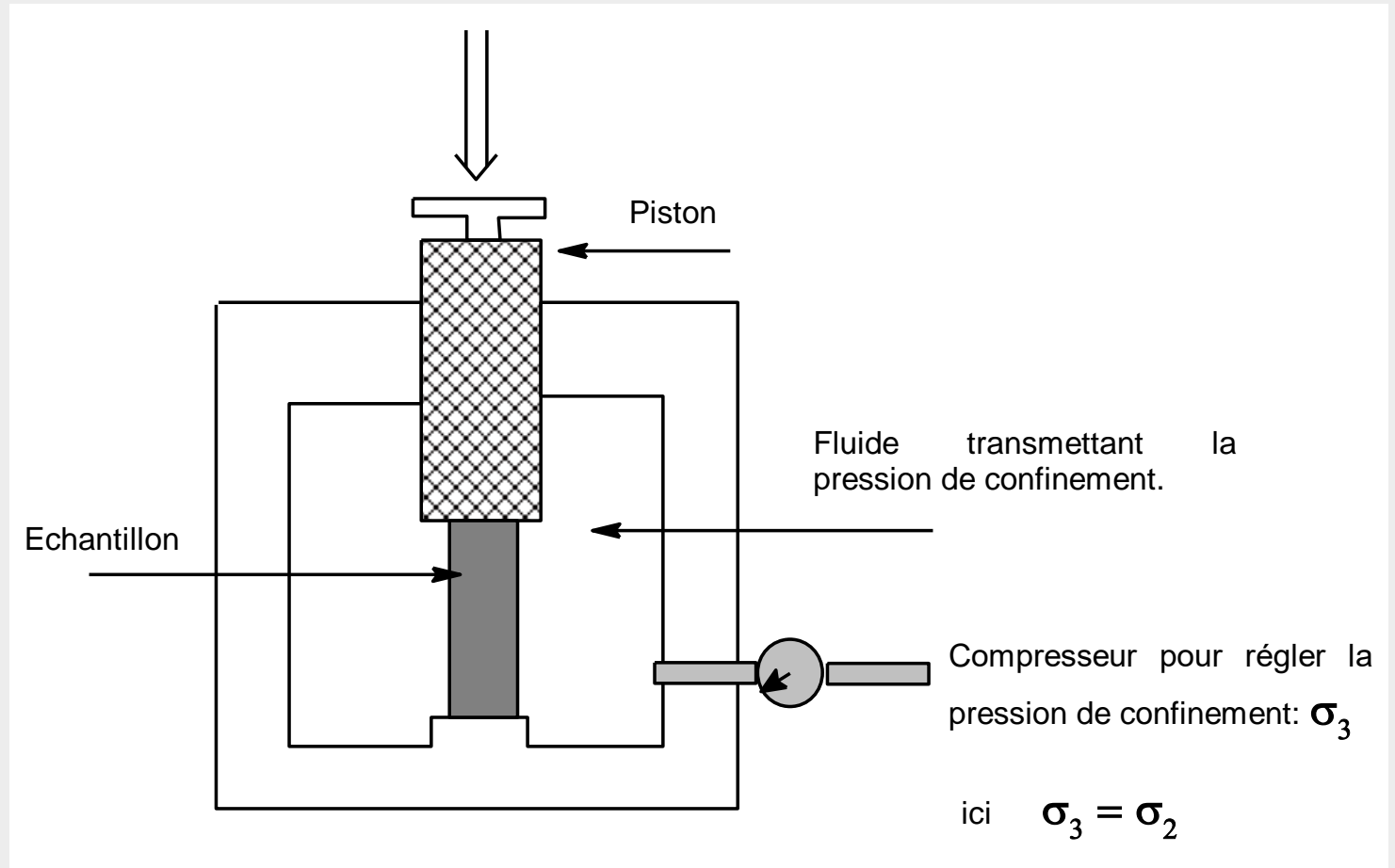
Ne pas confondre la déformation finie et son mécanisme (déformation instantanée)

Déformation finie	Déformation instantanée
Elongation Raccourcissement	Aplatissement Cisaillement

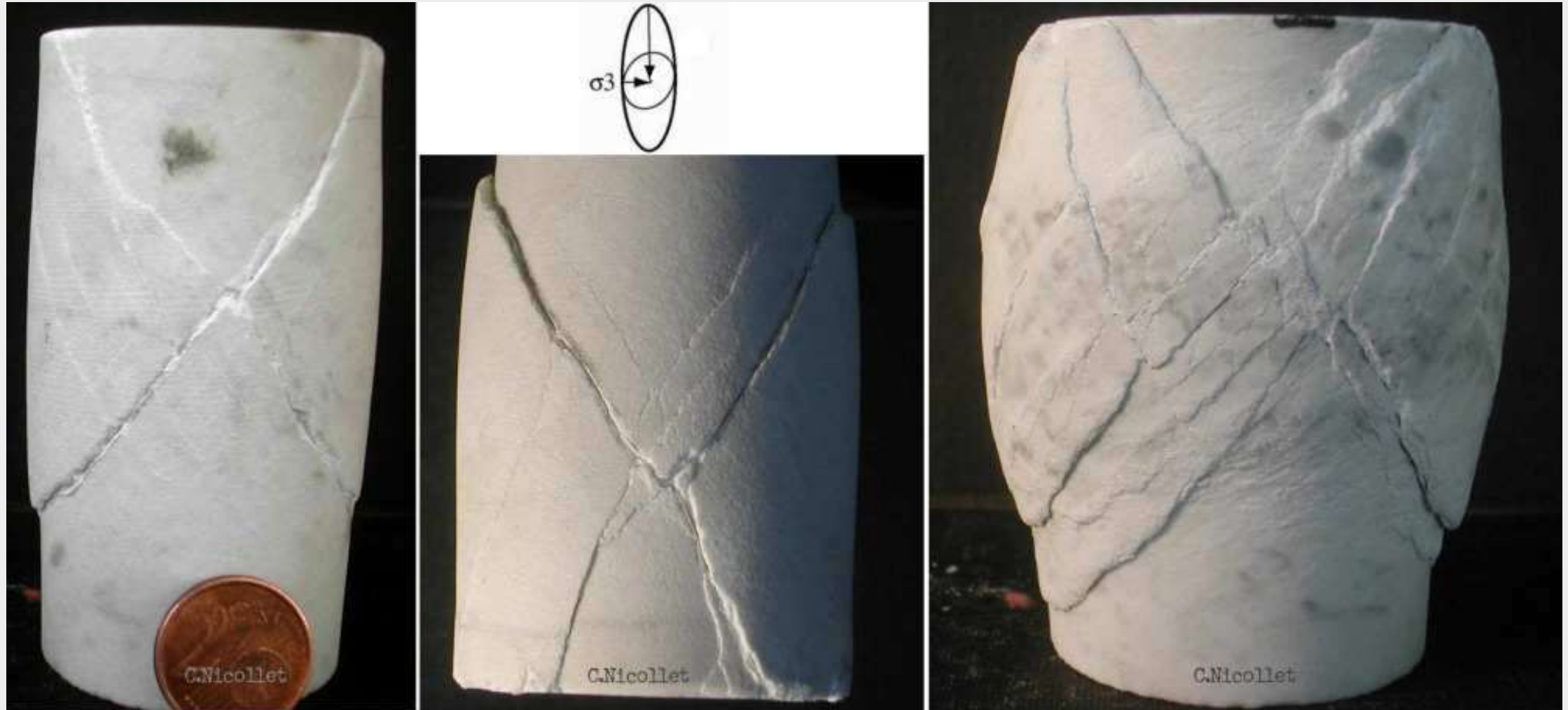
Le dispositif expérimental : la presse triaxiale



Principe : on fait varier la pression de charge (correspondant à σ_1) appliquée sur les extrémités d'un cylindre de roche et la pression de confinement (correspondant à σ_2 et σ_3).



Résultats expérimentaux obtenus en exerçant un σ_1 vertical (avec $\sigma_2 = \sigma_3$) sur des carottes de marbre de Carrare



Quantifier le caractère anisotrope de la contrainte :

- **$(\sigma - \sigma_i)$ = contrainte déviatorique ou déviateur des contraintes**

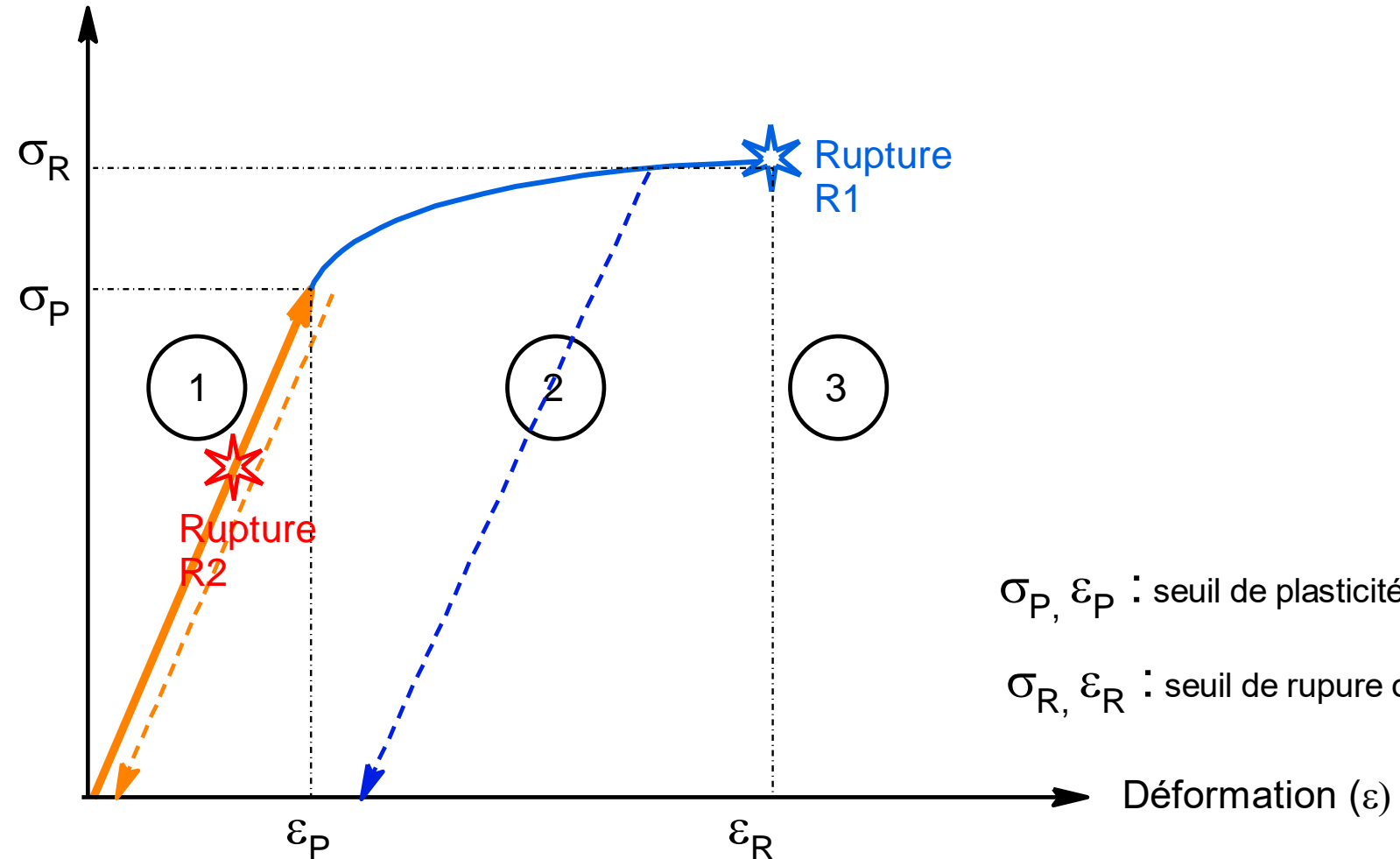
Avec σ_i contrainte moyenne : $\sigma_i = 1/3 (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$
(partie isotrope du champ de contraintes)

- **$(\sigma_1 - \sigma_3)$ = contrainte différentielle**

En général faible par rapport à la pression lithostatique,
c'est elle qui est responsable de la déformation

Document 11. Les trois types de comportement mécanique des roches.

Contrainte différentielle

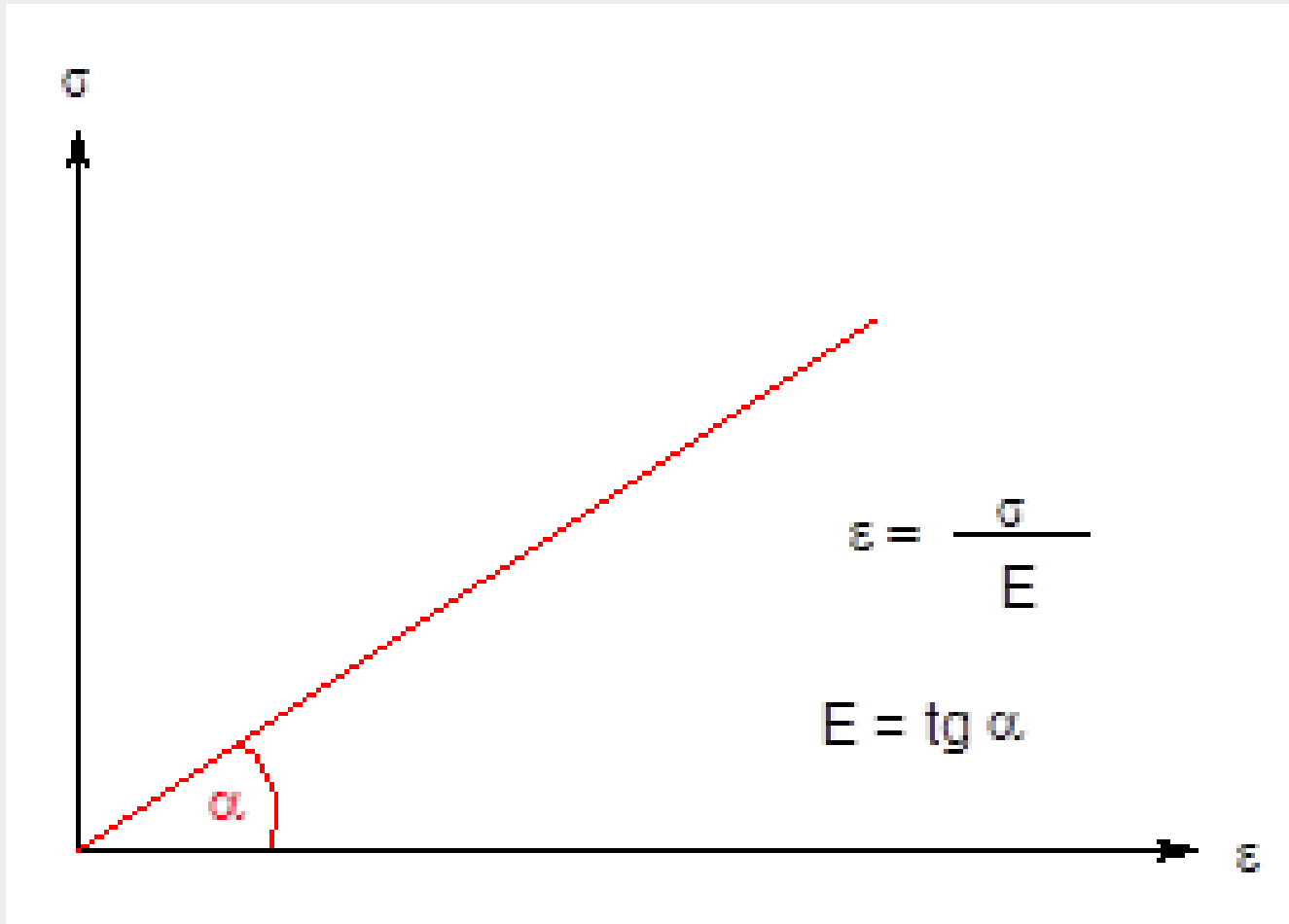


— sous l'effet de la contrainte
- - - après l'arrêt de la contrainte

σ_P, ϵ_P : seuil de plasticité ou limite d'élasticité

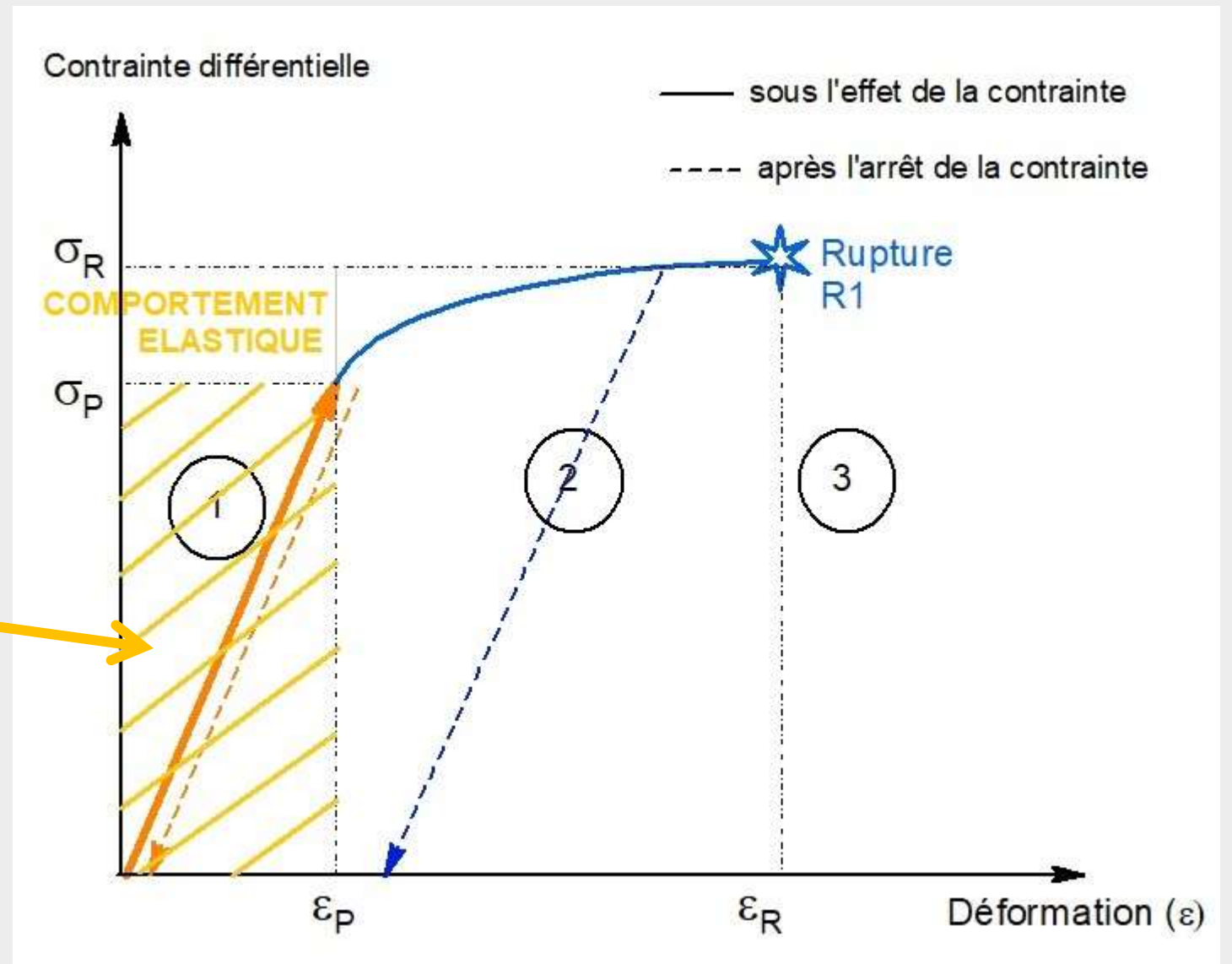
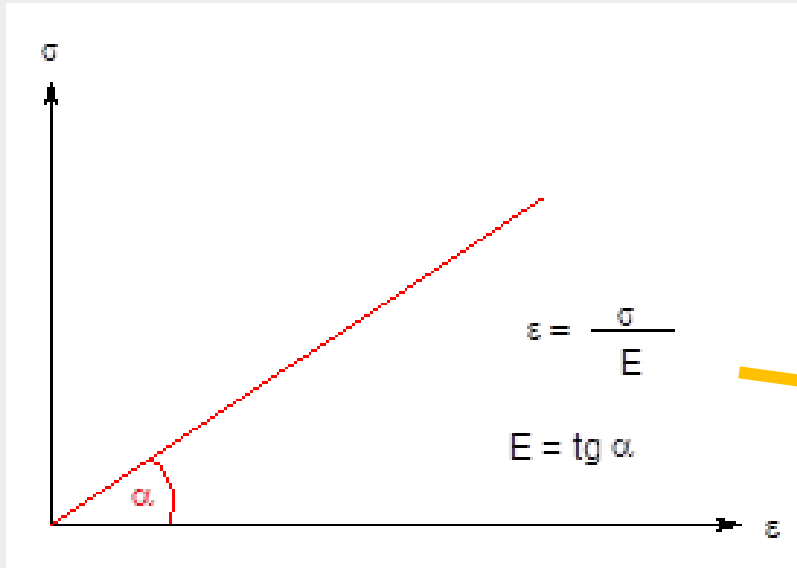
σ_R, ϵ_R : seuil de rupture ou limite de plasticité

La déformation élastique

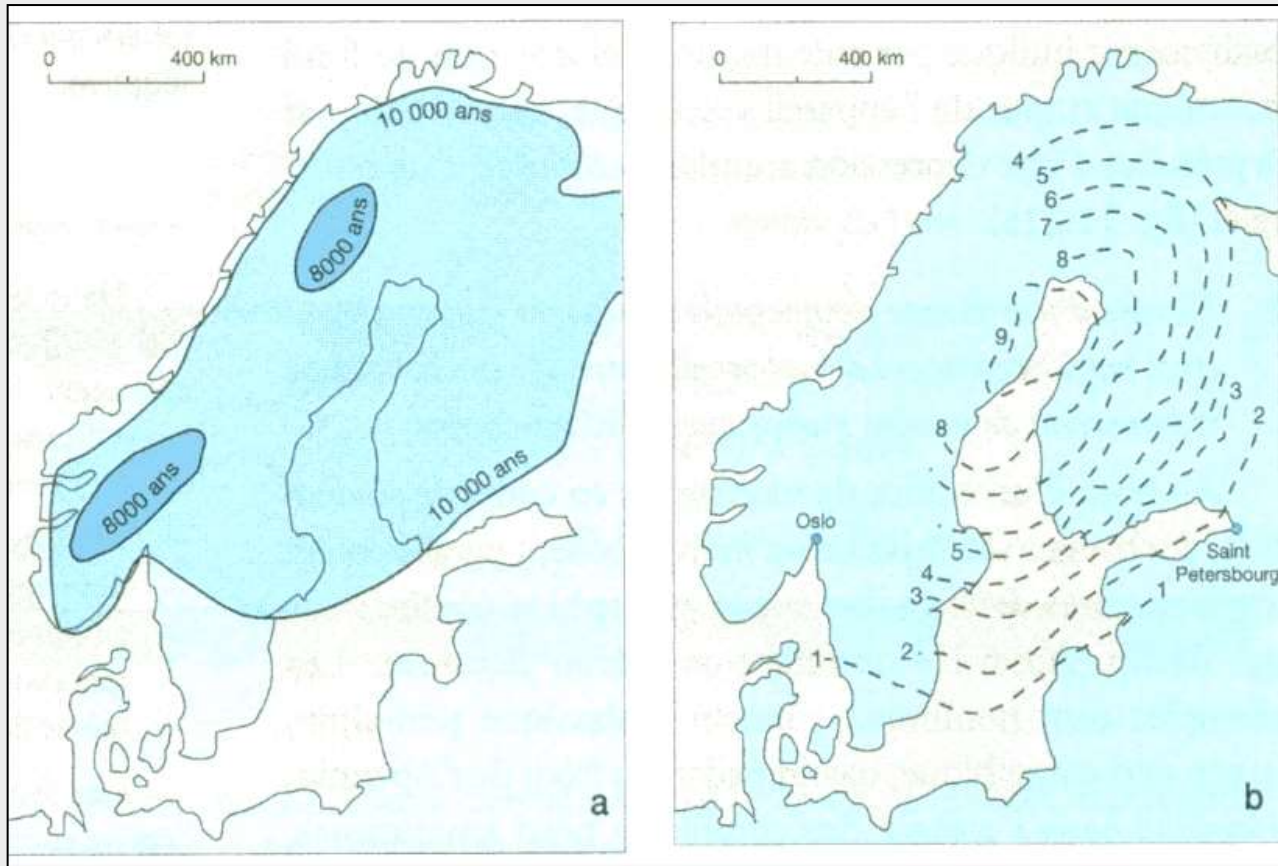


- Instantanée, réversible et indépendante du temps.
- Proportionnelle à la contrainte : élasticité linéaire.

La déformation élastique



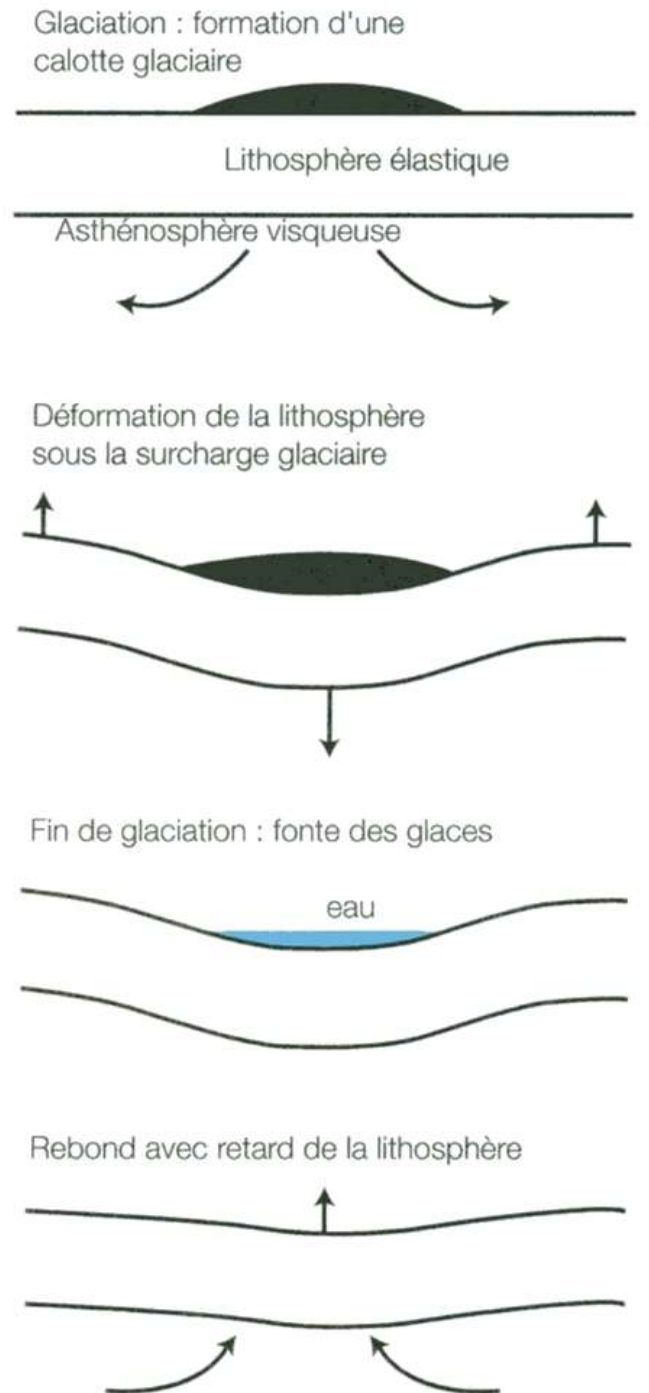
La déformation élastique de la lithosphère : le rebond isostatique post-glaciaire en Scandinavie



a. Limites de la calotte glaciaire scandinave il y a 10 000 ans et 8 000 ans.

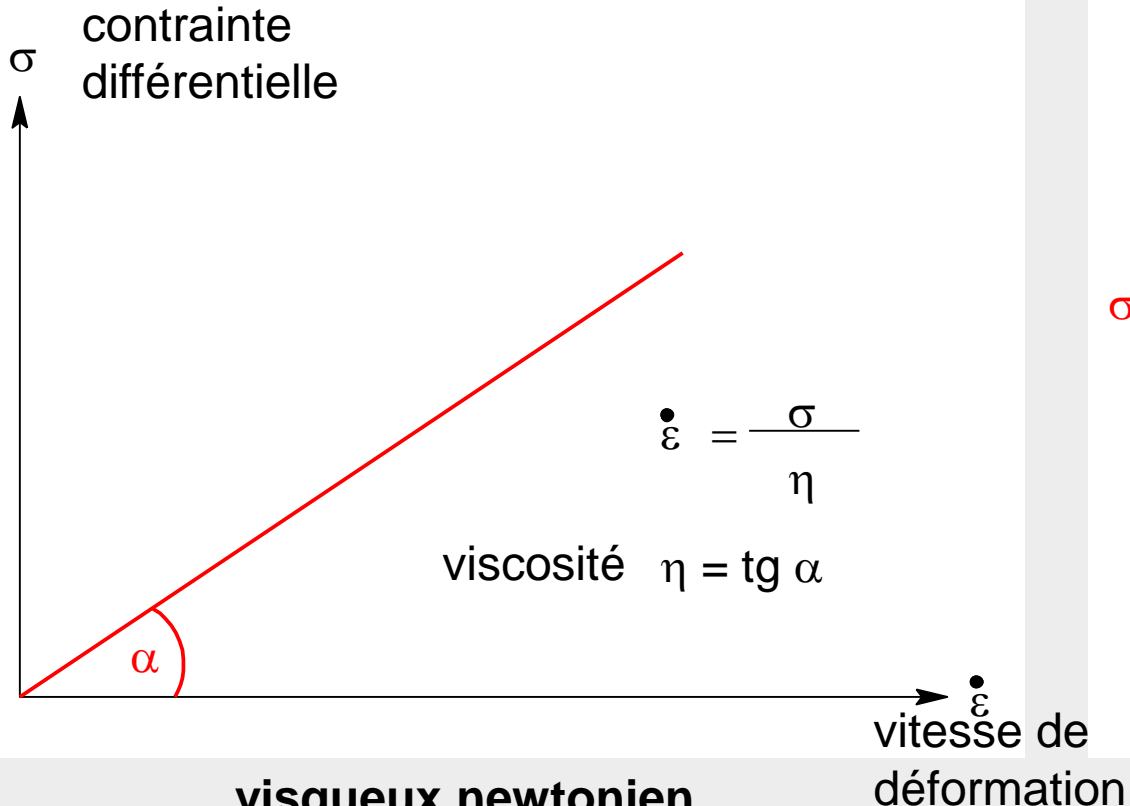
b. Vitesses (en mm/an) de soulèvement actuel de la Scandinavie.

(Schaaf, A. et coll. " Sciences de la Terre et de l'Univers ", Vuibert Ed.)

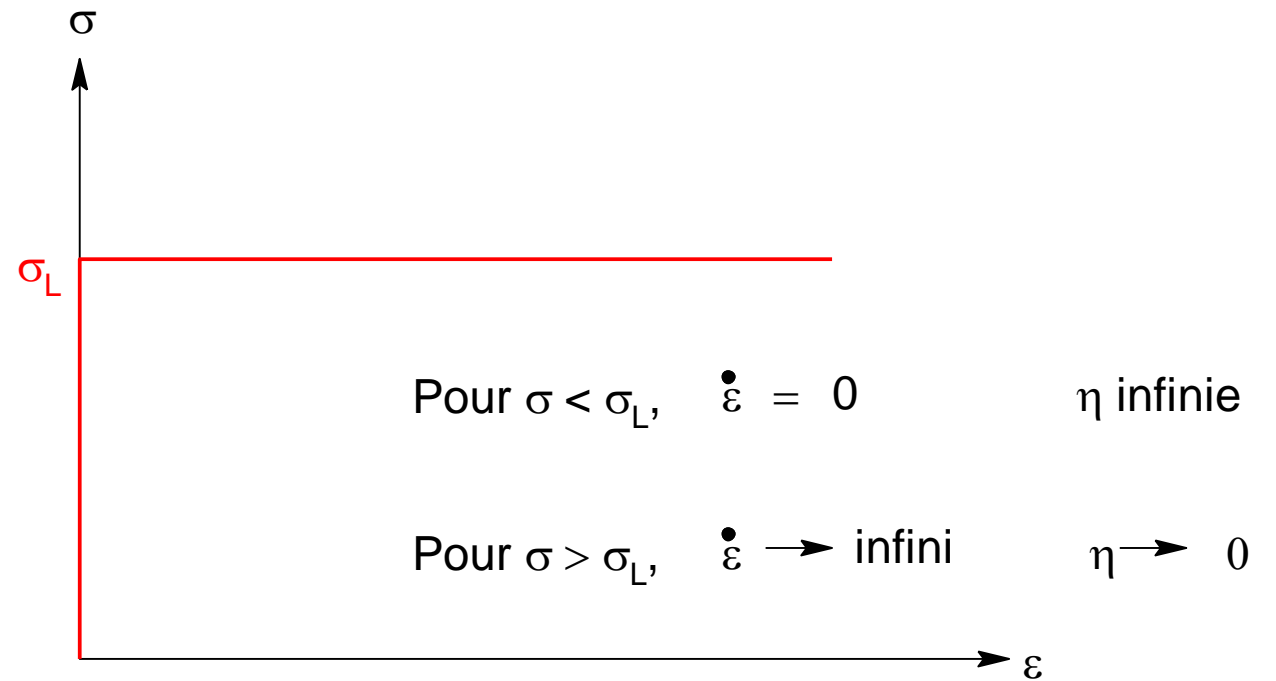


La déformation plastique

- irréversible, même après l'arrêt de la contrainte.
- due à un écoulement lent de la matière qui dépend du temps (FLUAGE).



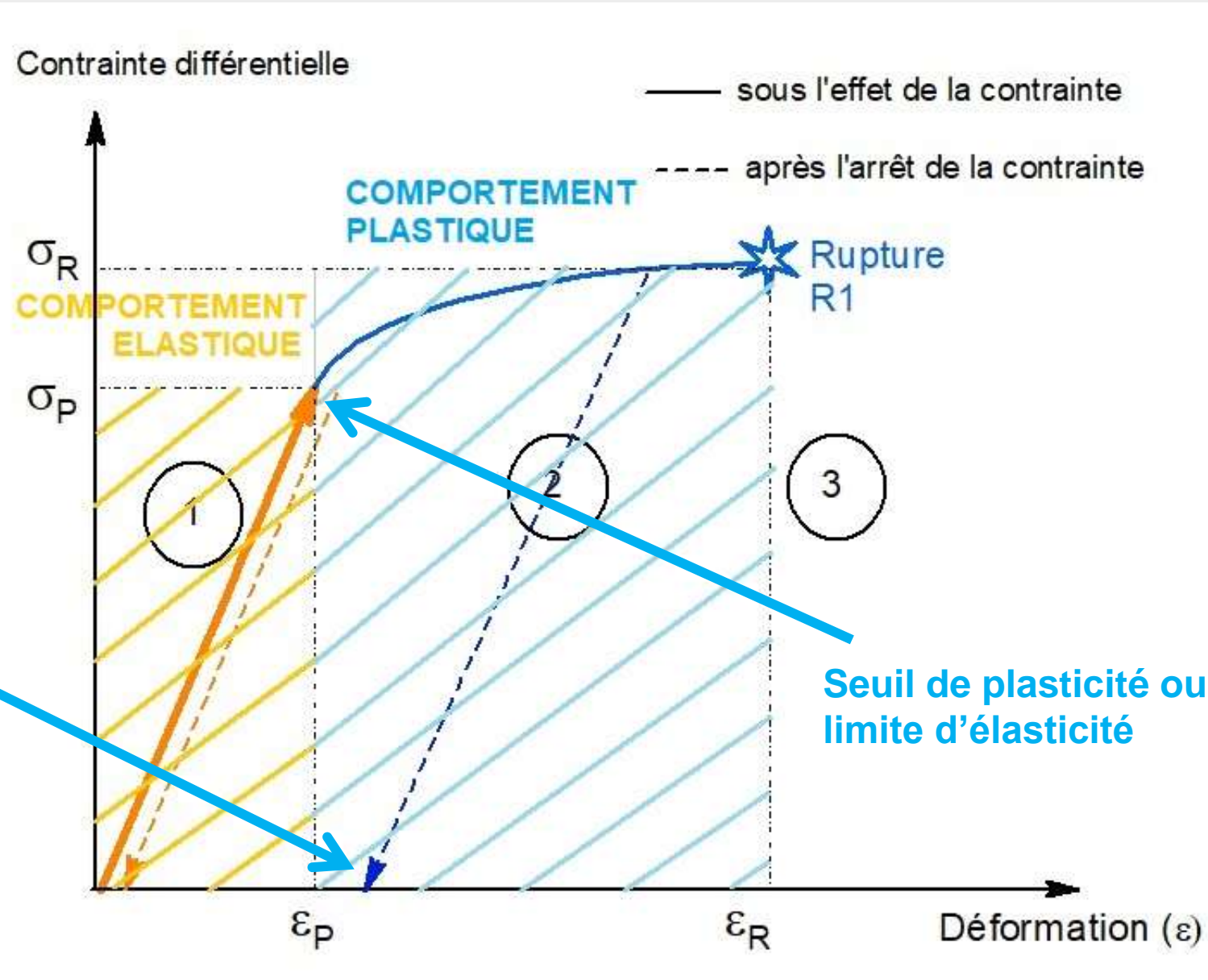
visqueux newtonien
viscosité non dépendante de la contrainte
ex : liquides, glace, laves



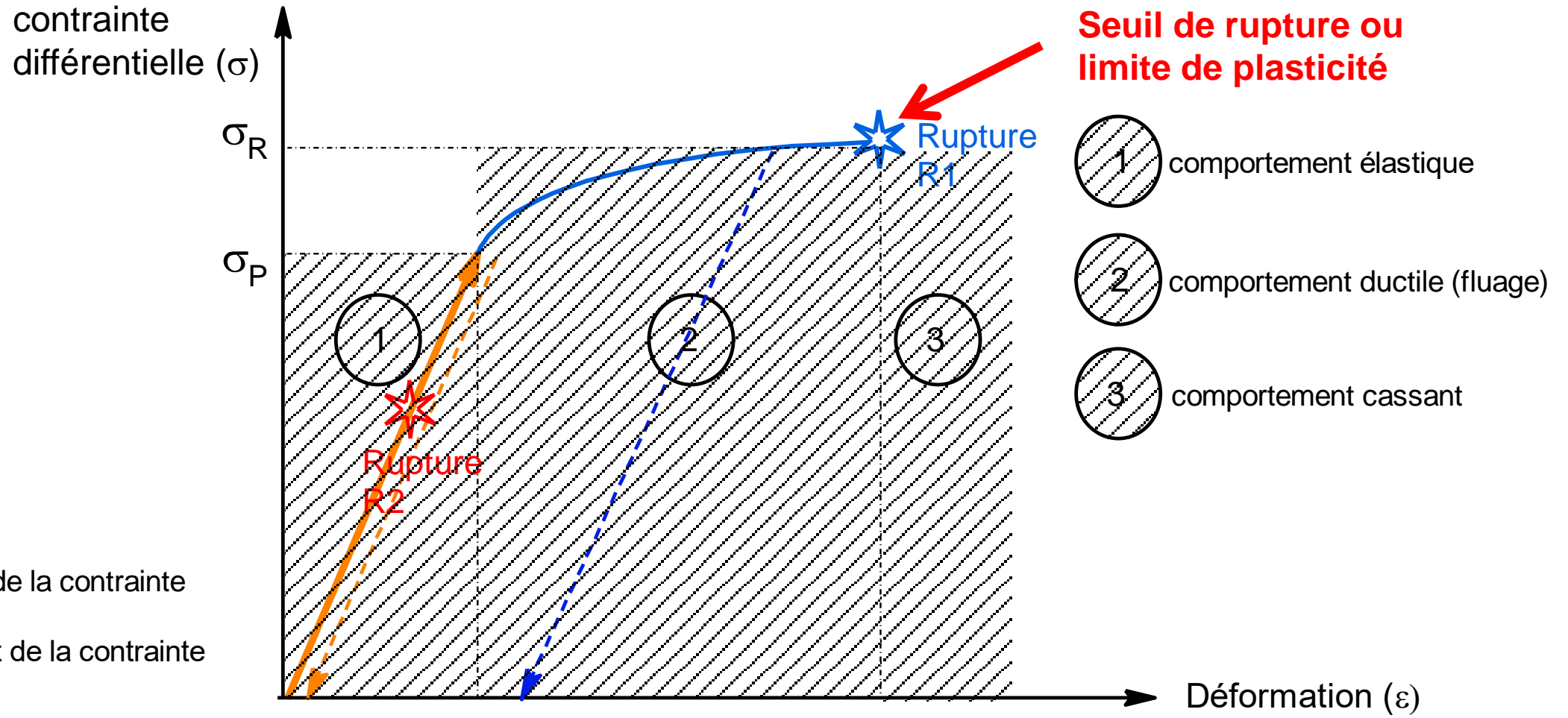
visqueux non newtonien
viscosité dépendante de la contrainte
ex: la plupart des roches

ne se déforment qu'au-delà d'un **seuil de plasticité**

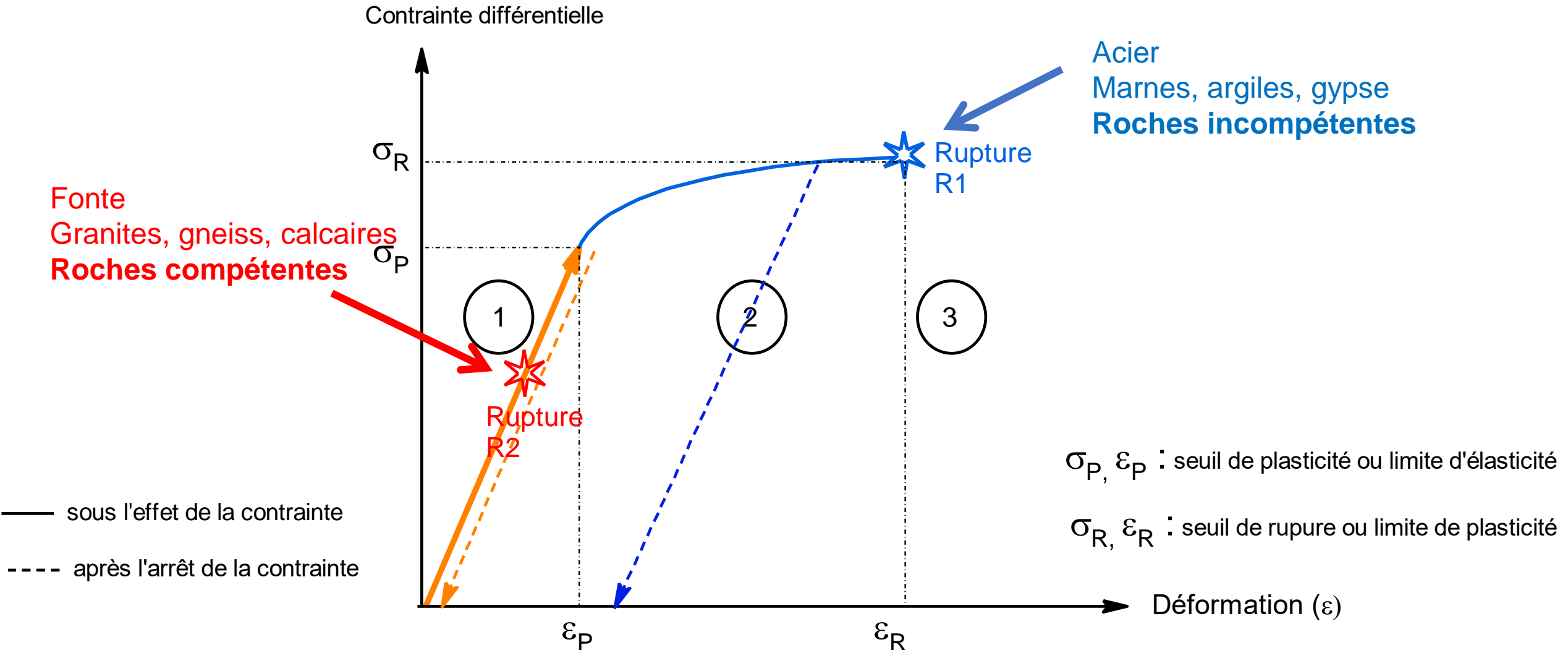
La déformation plastique



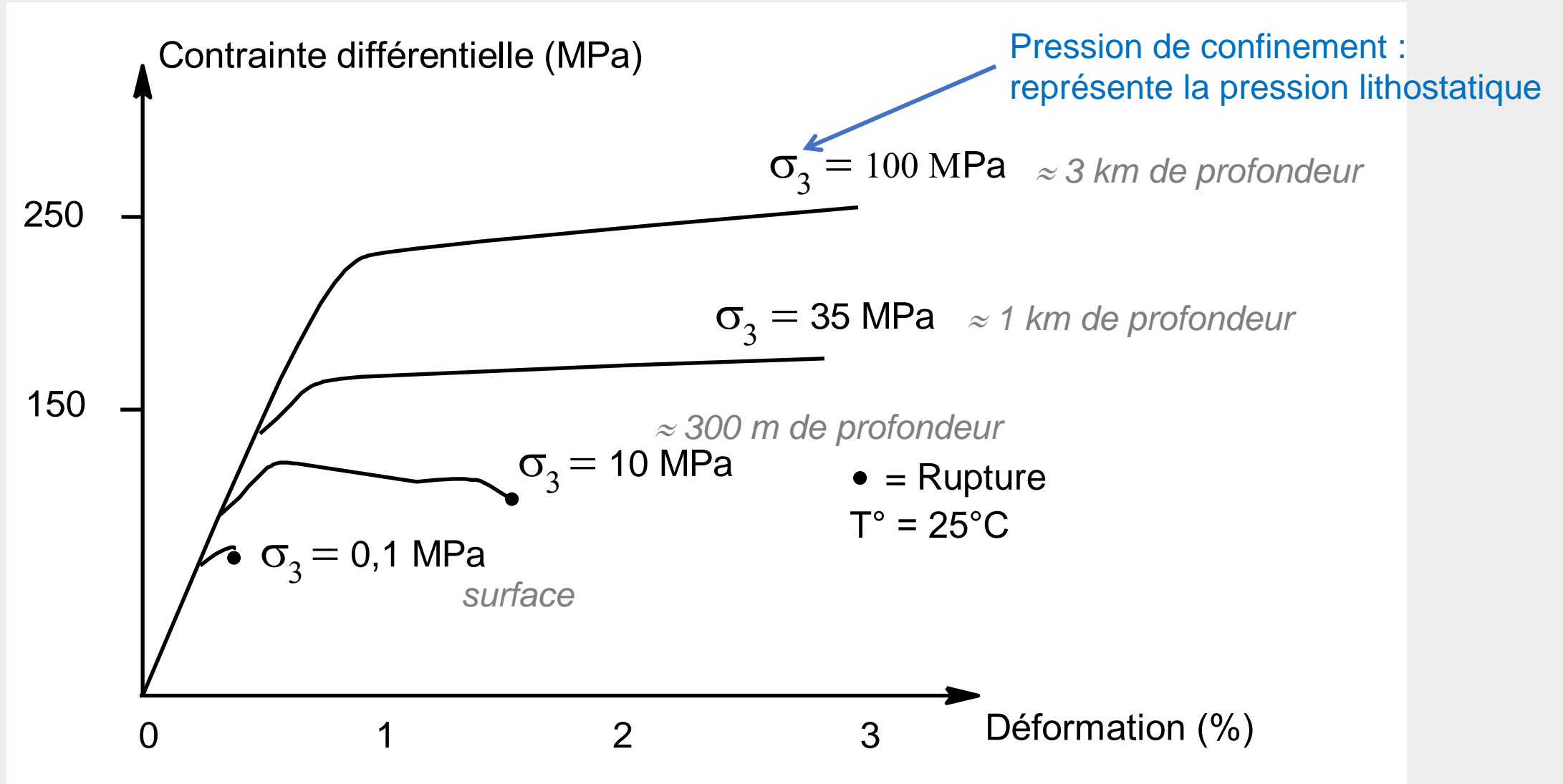
Déformation cassante = discontinue



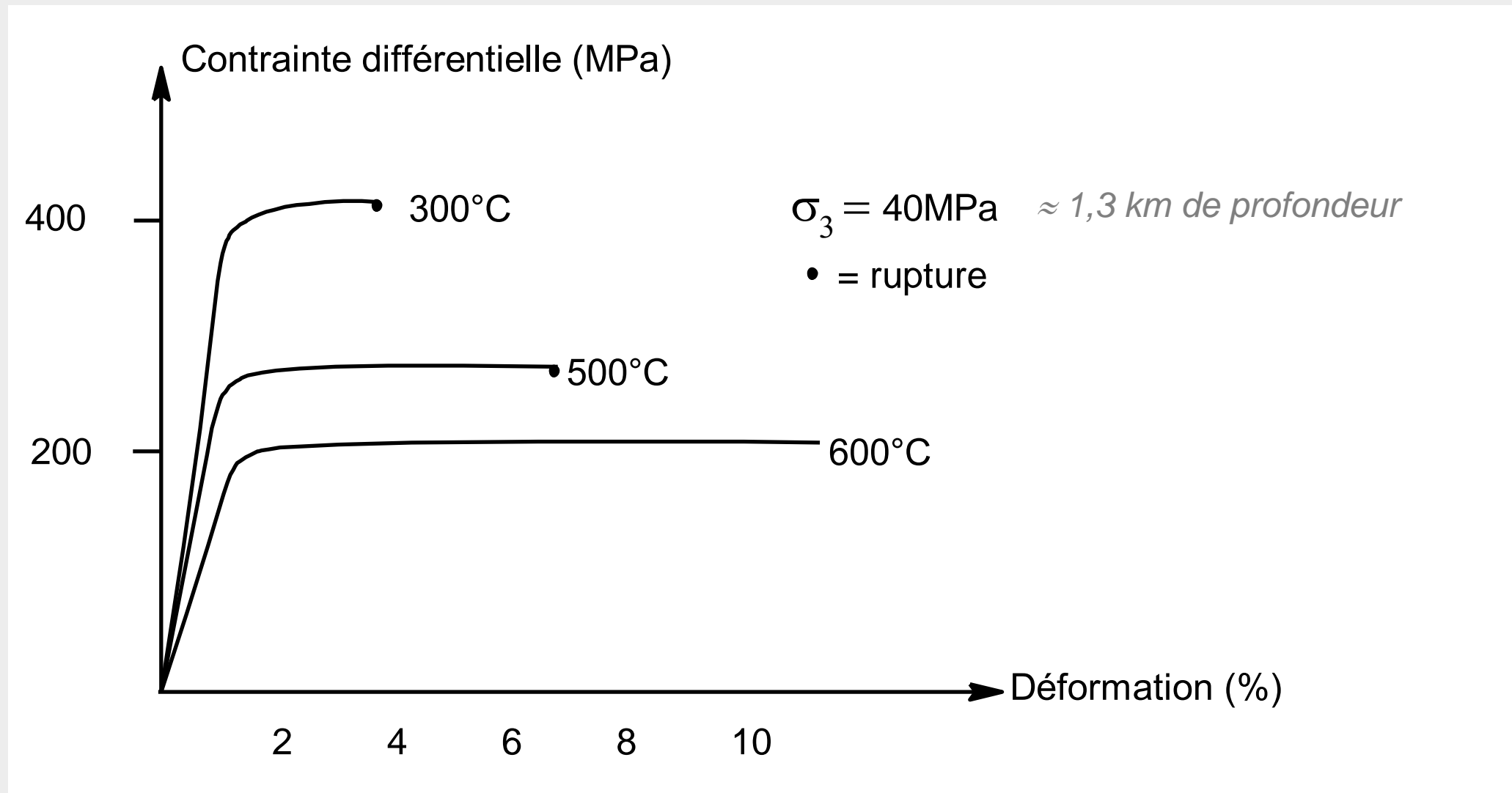
Document 11. Les trois types de comportement mécanique des roches.



Document 12. Effets de la pression de confinement sur les propriétés rhéologiques d'un marbre.



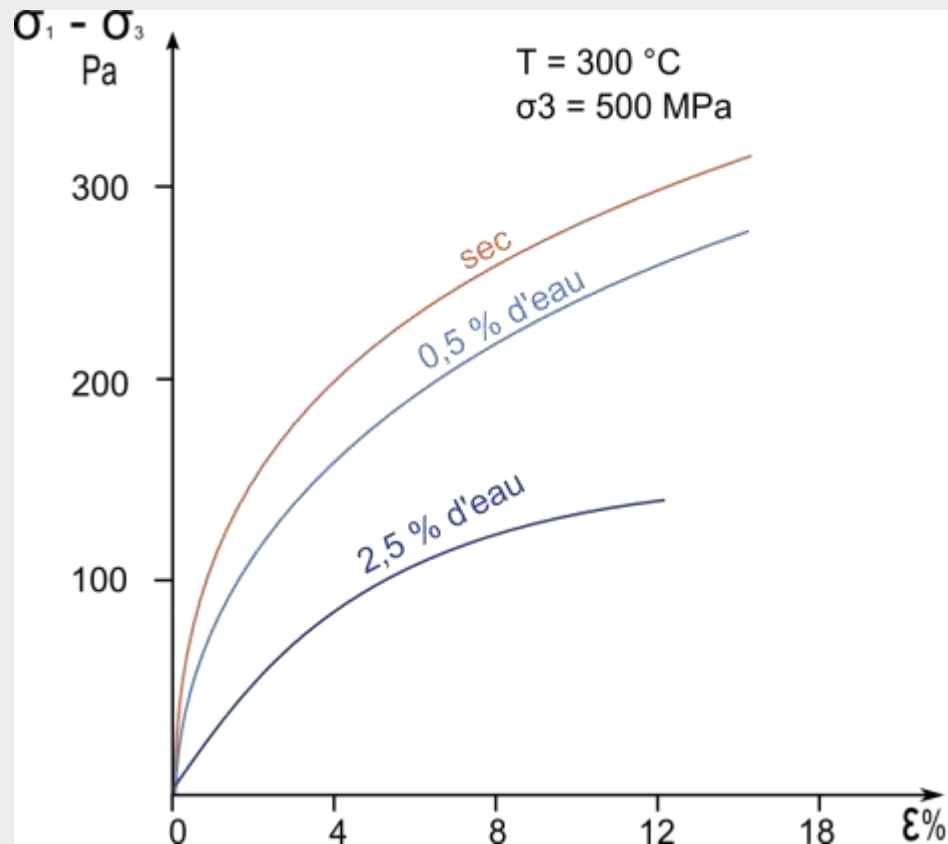
Document 13. Effets de la température sur les propriétés rhéologiques d'un calcaire.



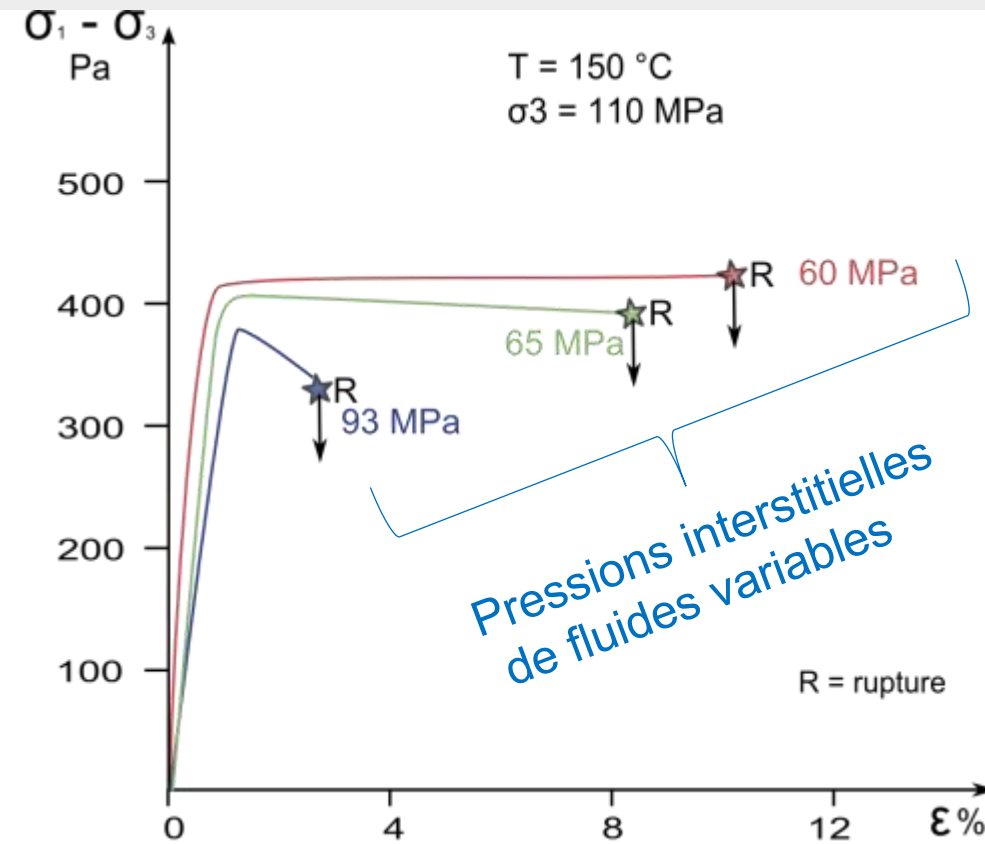
Document 14. Effets de la pression de fluide sur les propriétés rhéologiques d'un calcaire.

≈ 17 km de profondeur

≈ 3 km de profondeur

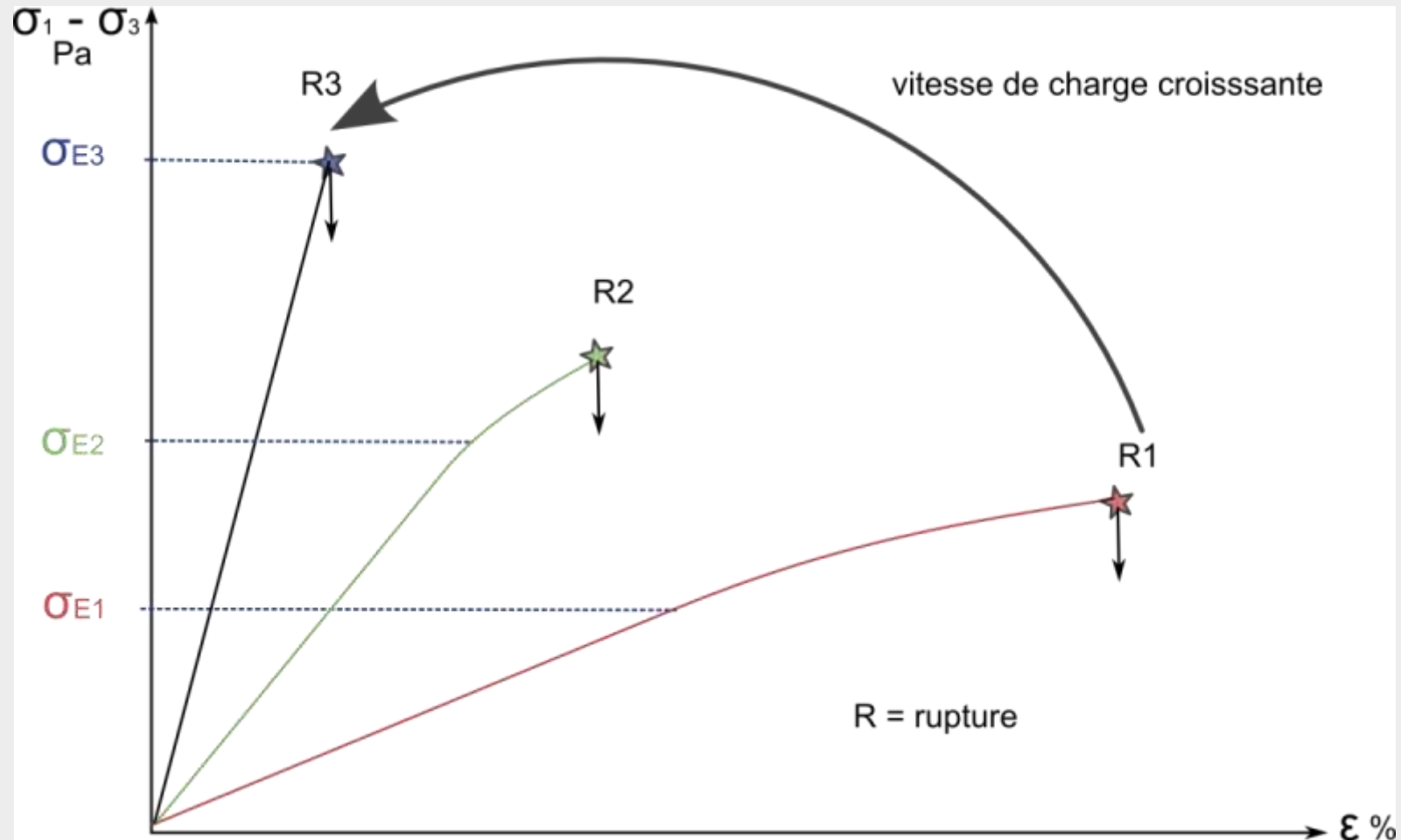


La présence de fluides augmente la viscosité
= favorise un comportement ductile



L'augmentation de la pression de fluide
diminue le seuil de rupture
= favorise la fracturation

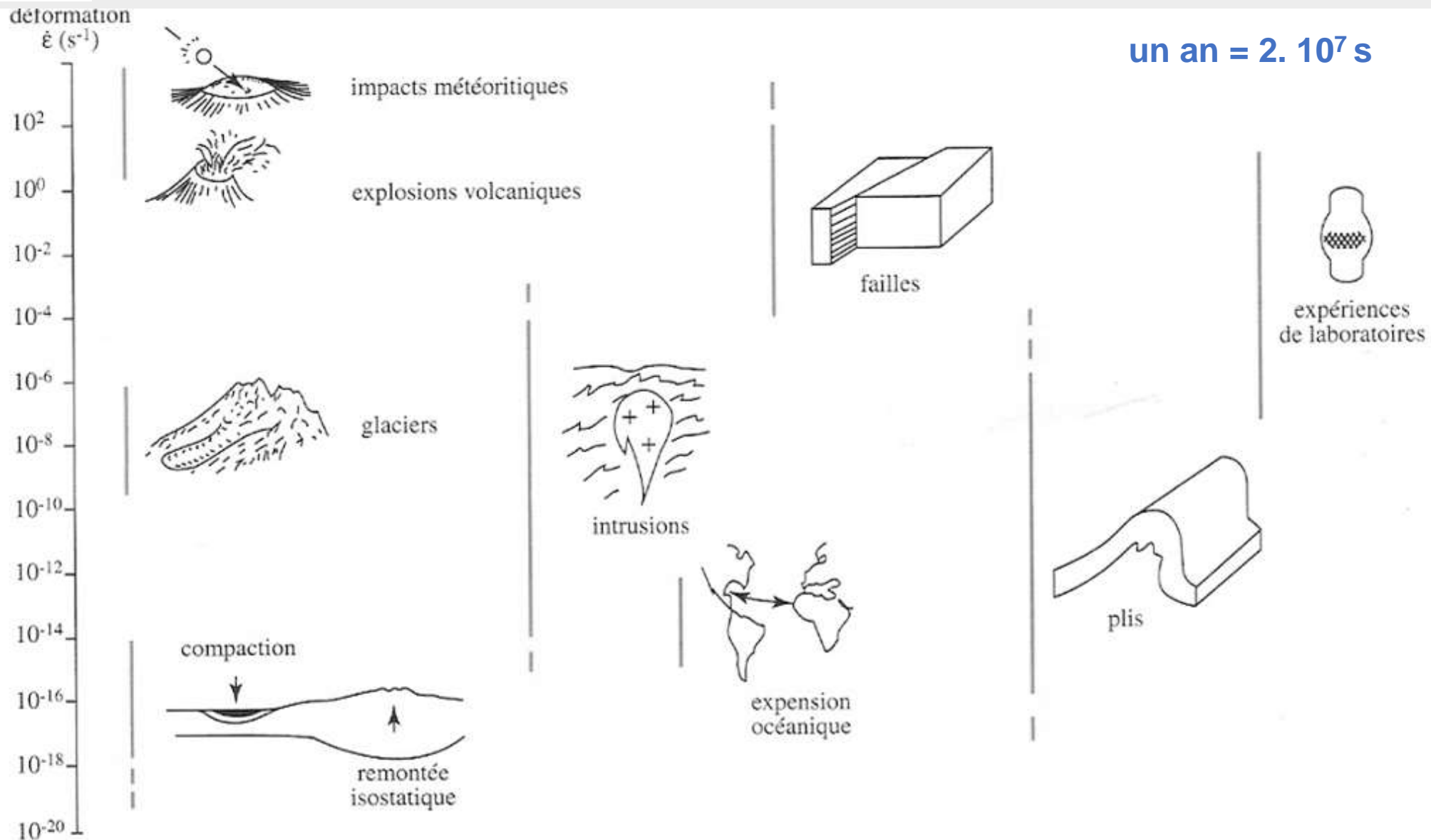
Document 15. Influence de la vitesse de charge sur la déformation.



Plus la vitesse de charge est élevée, plus le seuil de plasticité augmente et le domaine de plasticité diminue : la roche devient cassante.

Document 16. Ordre de grandeur des vitesses de déformation ($d\varepsilon/dt$) de quelques phénomènes naturels.

vitesse de déformation



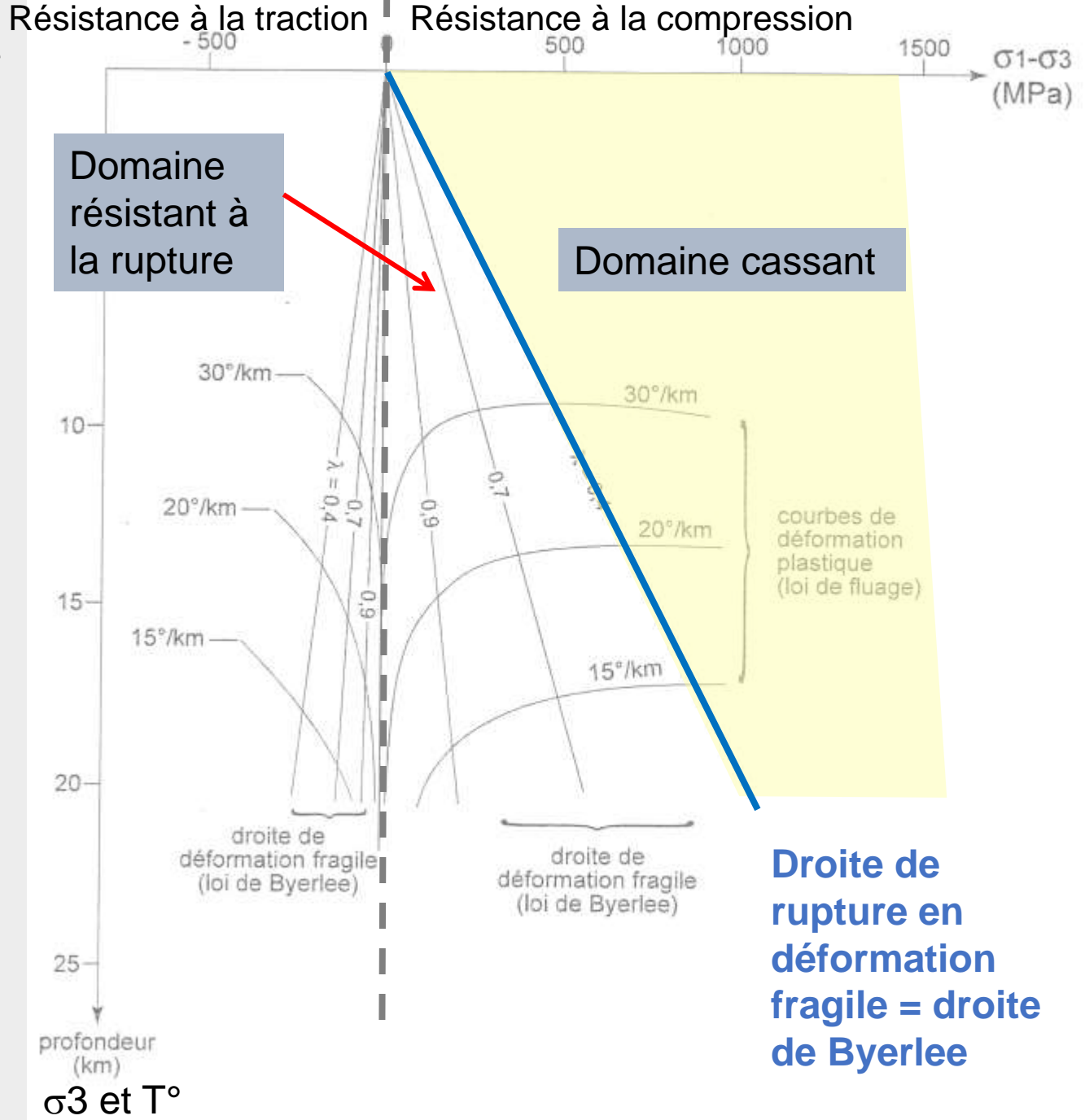
Document 17. Lois de résistance du quartz à la déformation.

Loi de Byerlee

La même pour tous les matériaux.

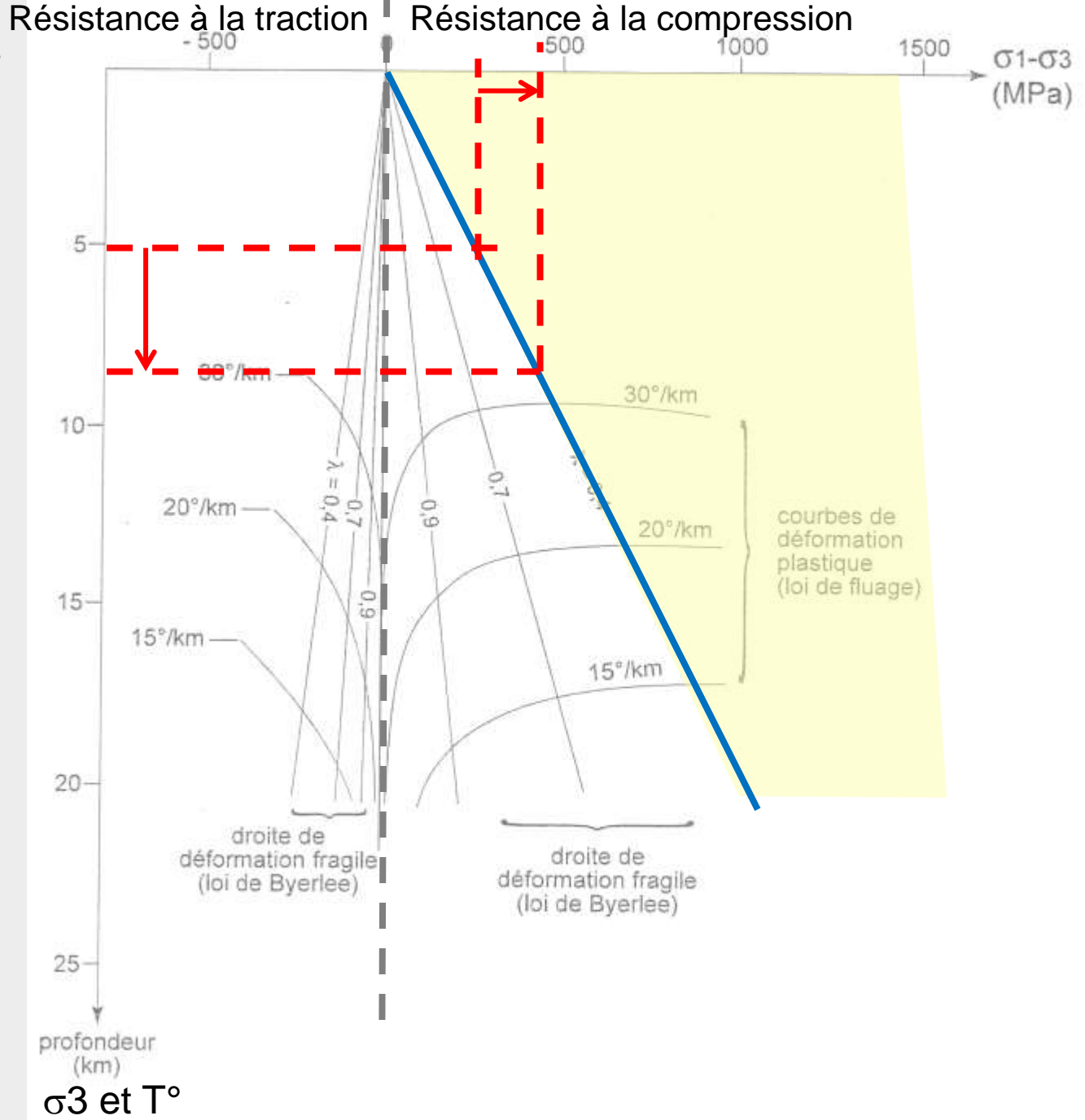
S'applique à la déformation cassante.

Elle perd sa validité lorsque le matériau devient susceptible de se déformer de façon ductile.



Document 17. Lois de résistance du quartz à la déformation.

Augmenter la profondeur augmente le seuil de rupture

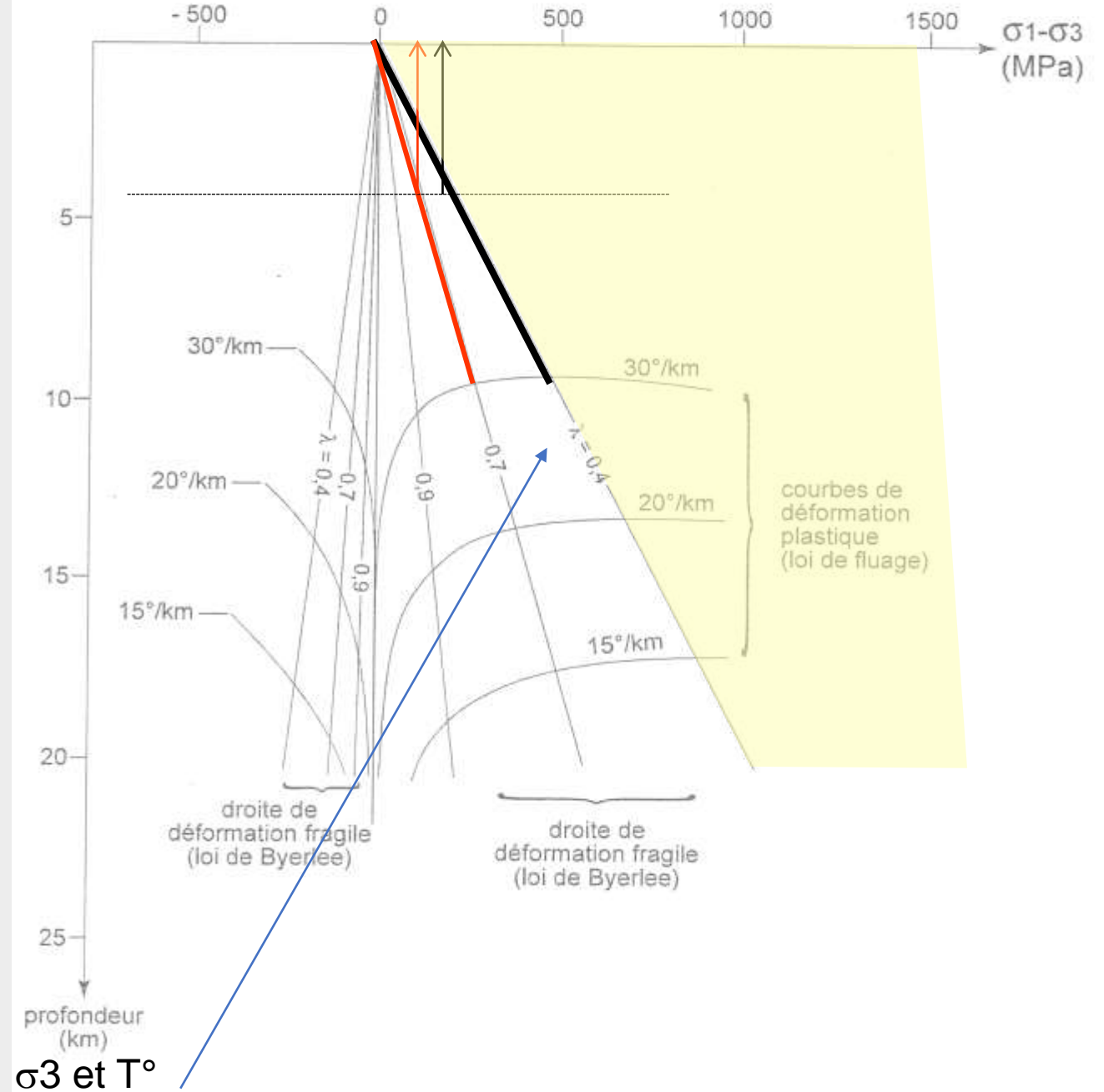


λ est un paramètre caractéristique de la pression de fluide

Document 17. Lois de résistance du quartz à la déformation.

Augmenter la pression de fluide à faible z diminue le seuil de rupture

Résistance à la traction Résistance à la compression



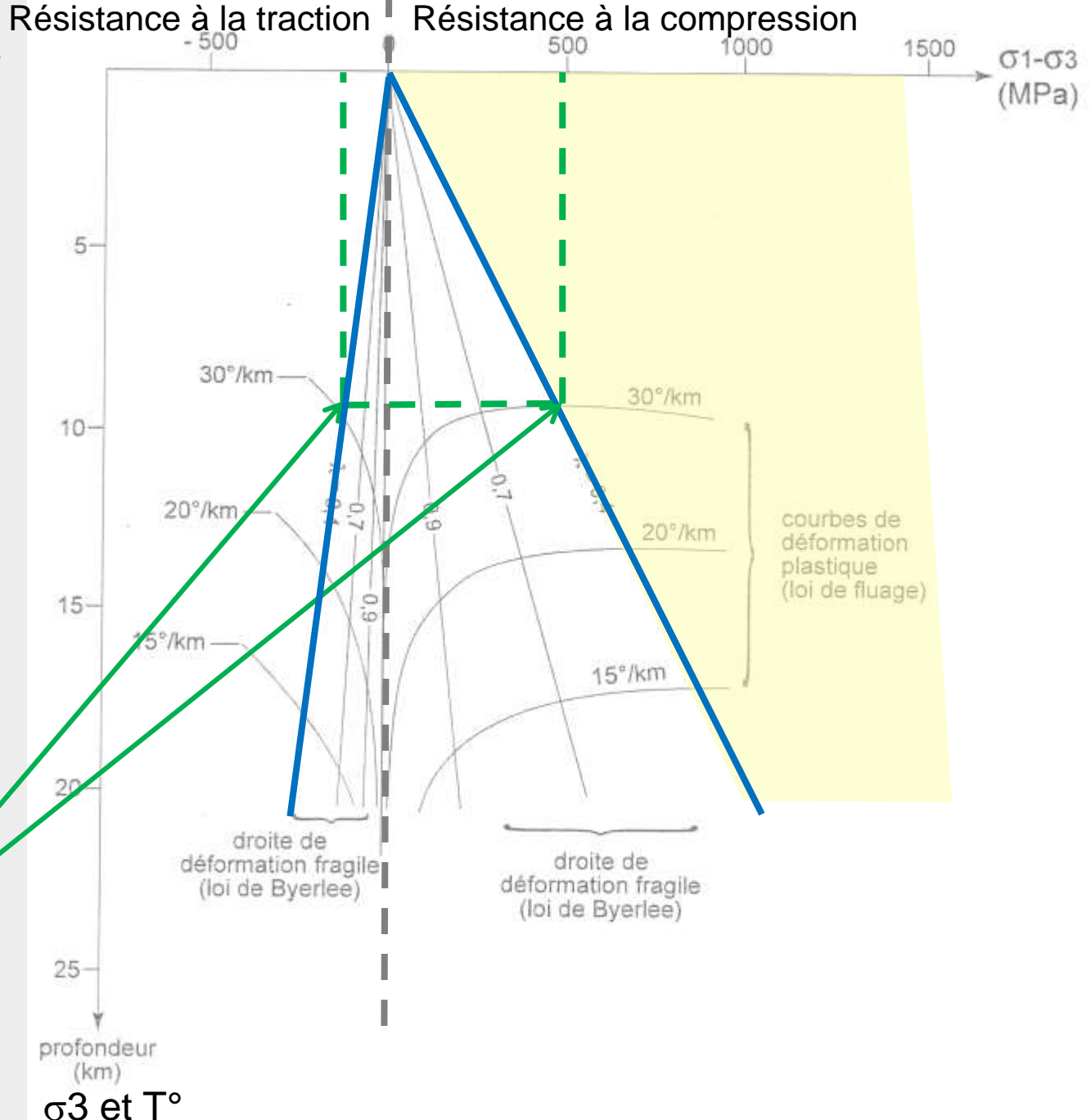
λ est un paramètre caractéristique de la pression de fluide

Document 17. Lois de résistance du quartz à la déformation.

Loi de Byerlee

La même pour tous les matériaux.
S'applique à la déformation cassante.
Elle perd sa validité lorsque le matériau devient susceptible de se déformer de façon ductile.

Les seuils de rupture sont beaucoup plus faibles lorsque les contraintes s'exercent en distension que lorsqu'elles s'exercent en compression



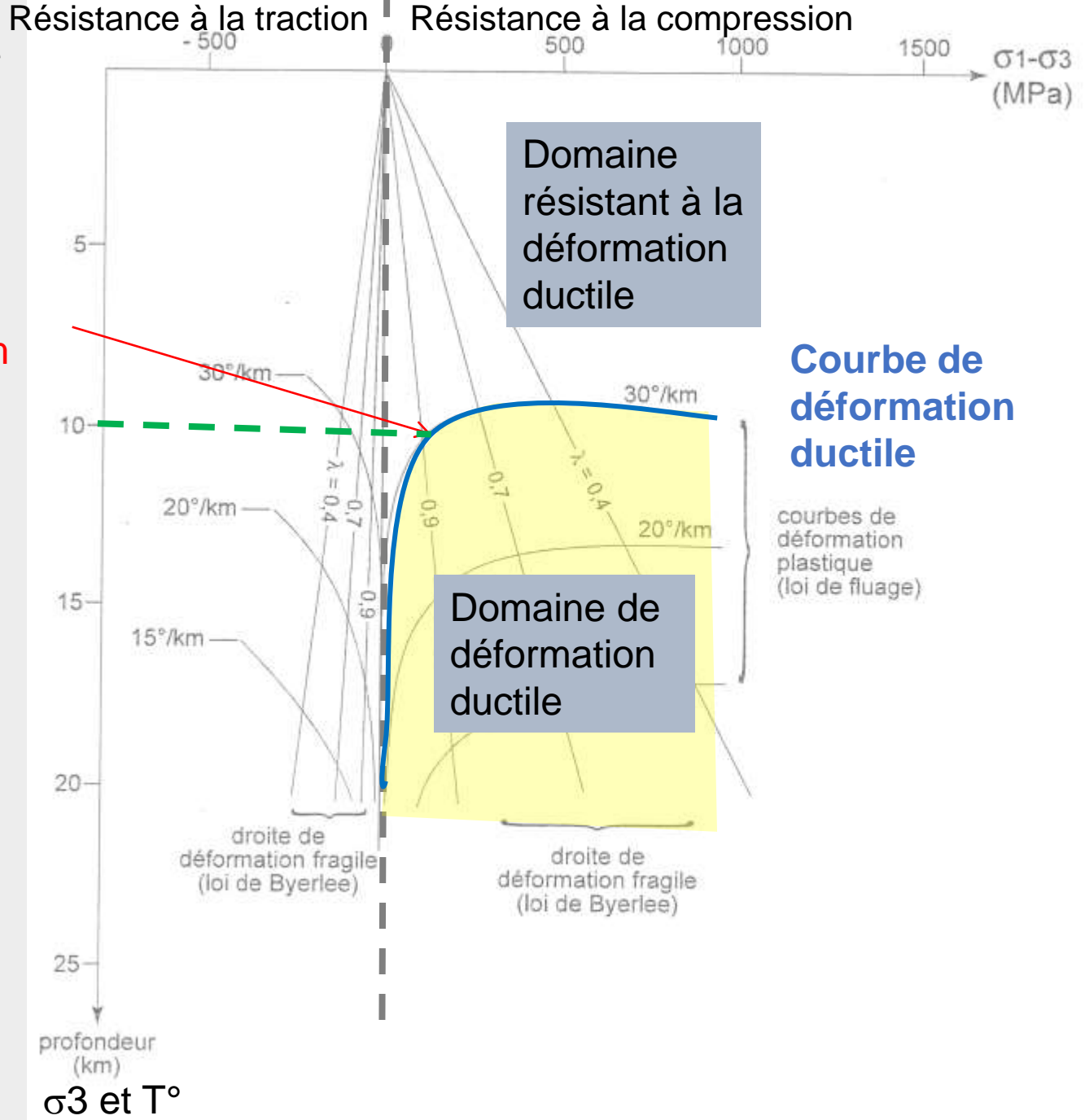
λ est un paramètre caractéristique de la pression de fluide

Document 17. Lois de résistance du quartz à la déformation.

Seuil de déformation ductile à 10 km de profondeur

Loi de fluage

Très différente d'un matériau à l'autre
S'applique à la déformation ductile.



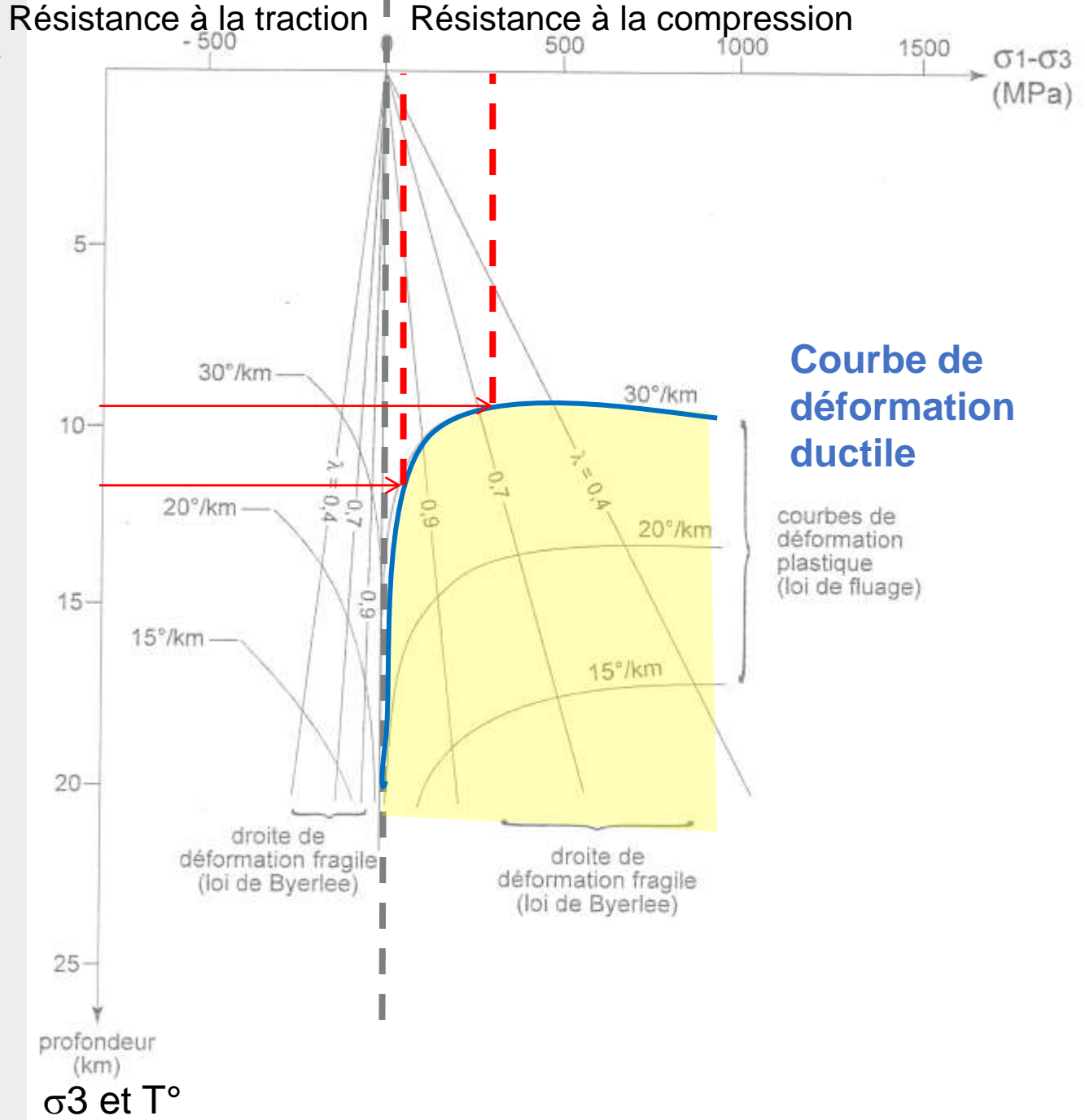
λ est un paramètre caractéristique de la pression de fluide

Document 17. Lois de résistance du quartz à la déformation.

Loi de fluage

Très différente d'un matériau à l'autre
S'applique à la déformation ductile.

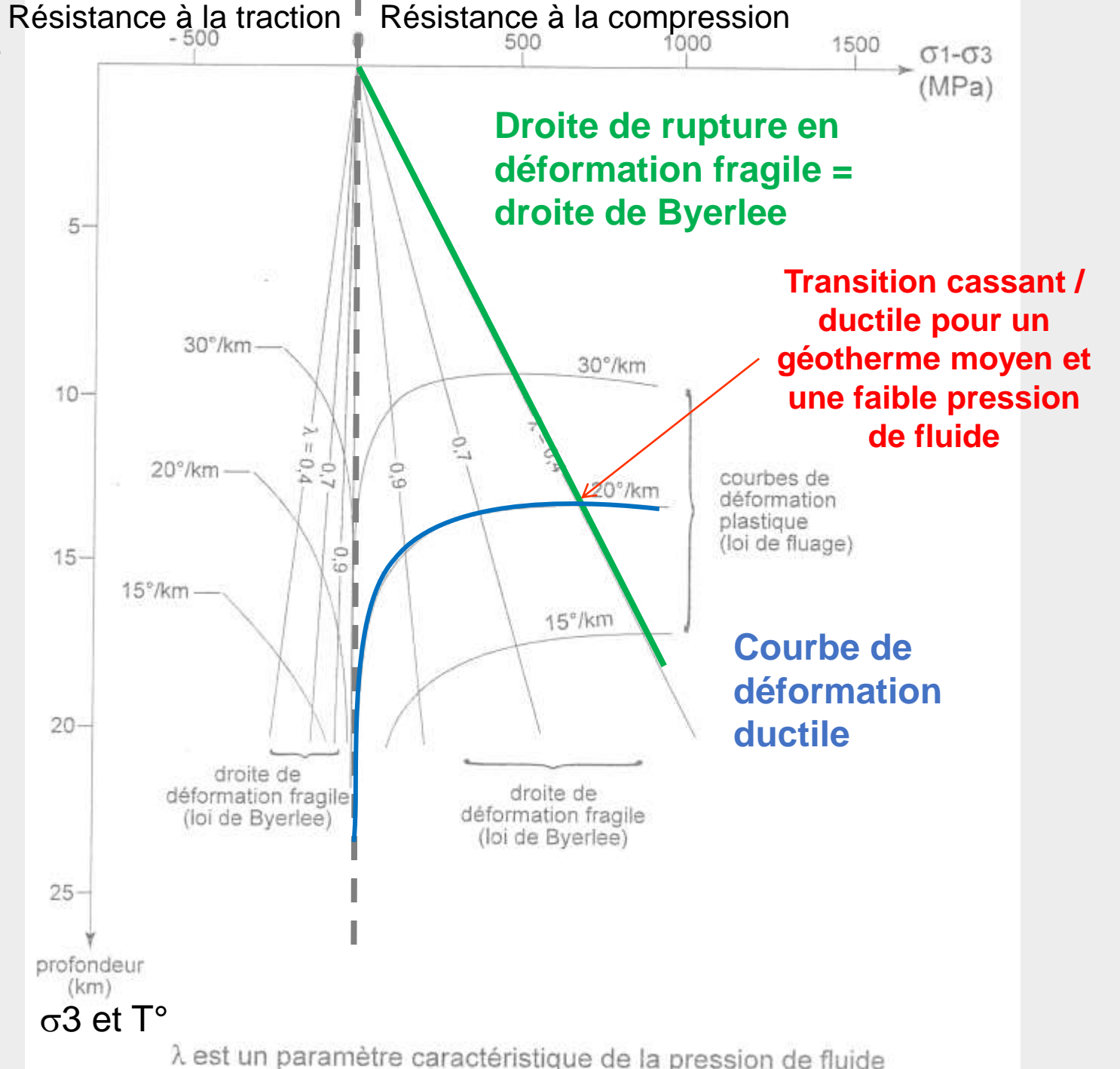
Augmenter la profondeur favorise le fluage



λ est un paramètre caractéristique de la pression de fluide

Document 17. Lois de résistance du quartz à la déformation.

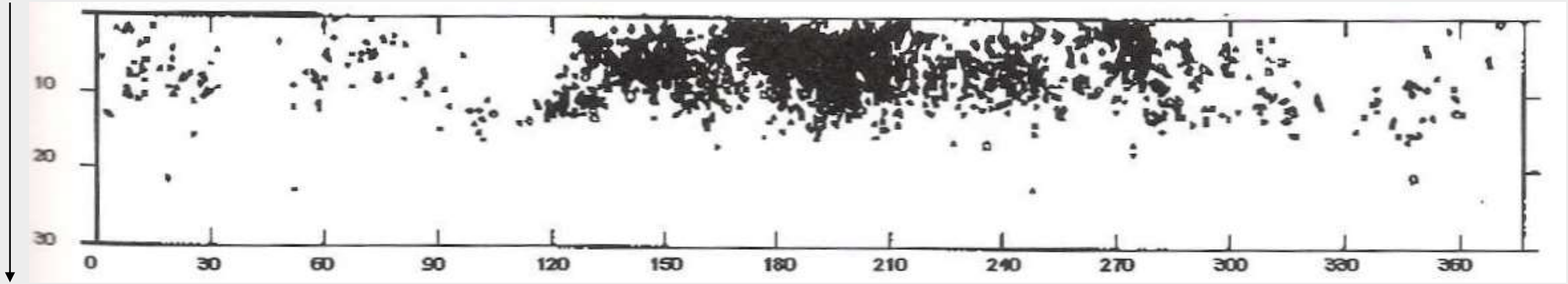
Pour des conditions thermodynamiques données, l'intersection de ces deux courbes définit la profondeur de la transition du comportement cassant au comportement ductile = **TRANSITION CASSANT / DUCTILE**



Document 18. Répartition en profondeur des foyers des séismes le long de la faille de San Andreas.

N

S



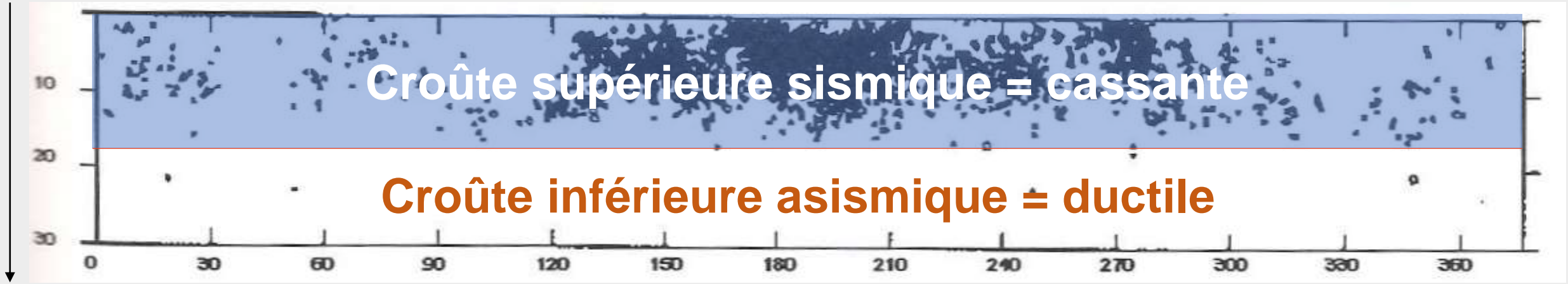
profondeur (km)

distance (km)

Document 18. Répartition en profondeur des foyers des séismes le long de la faille de San Andreas.

N

S



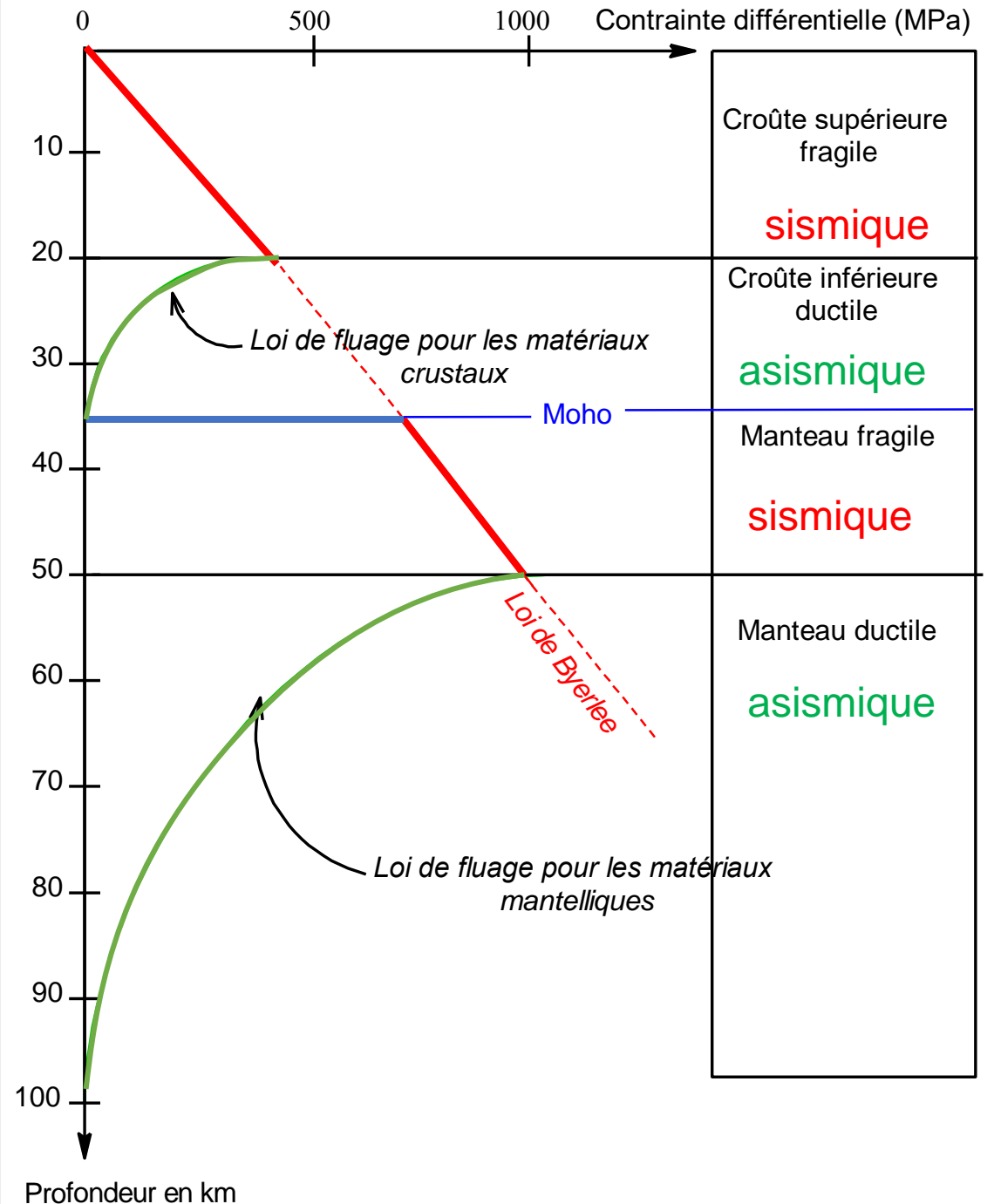
profondeur (km)

distance (km)

Document 19. Modèle des propriétés rhéologiques de la lithosphère continentale.

Les points situés à gauche des courbes sur cette figure sont en dessous du seuil de rupture ou de déformation plastique : la déformation est réversible.

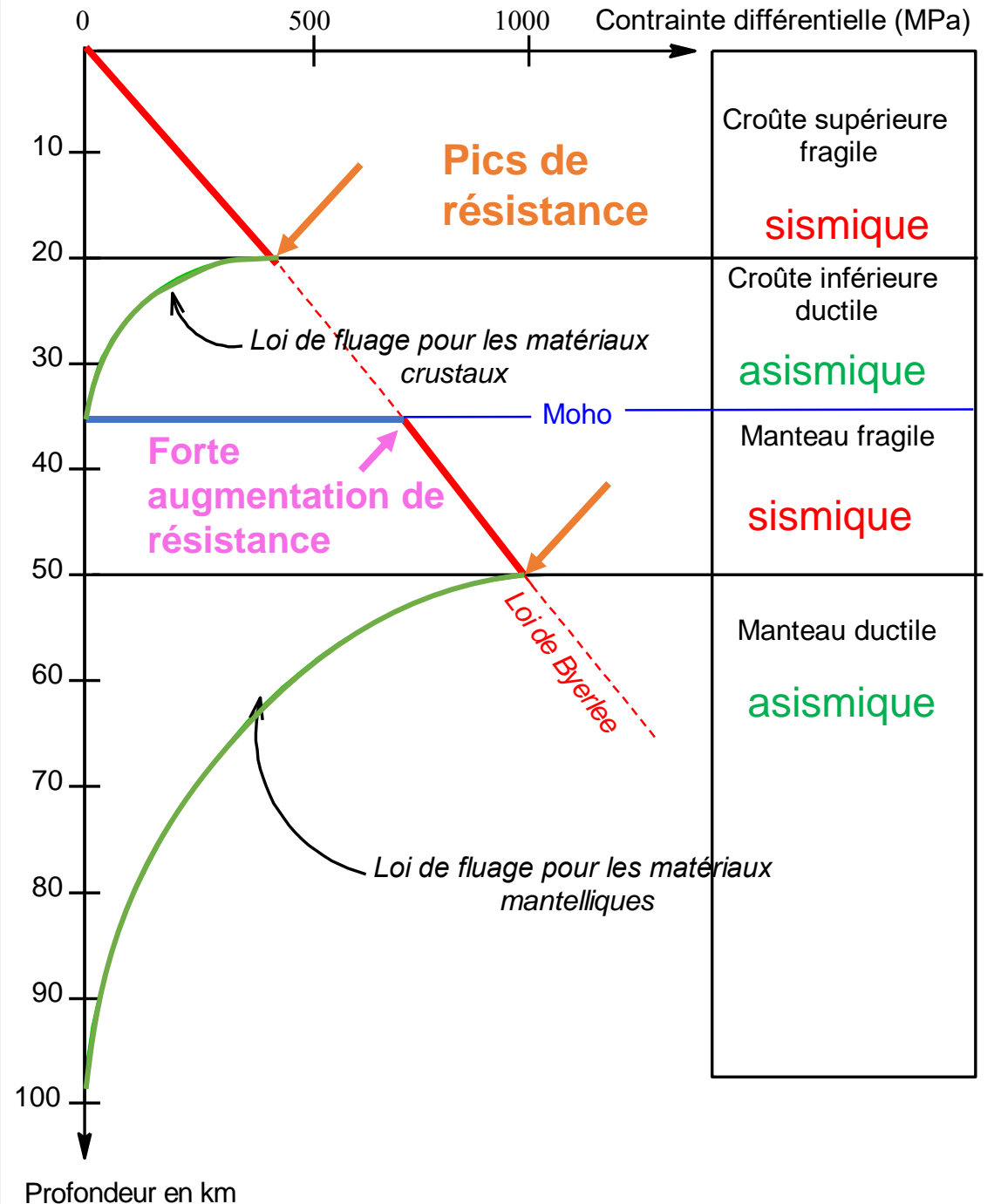
À droite des courbes, les roches se fracturent ou se déforment de manière plastique.



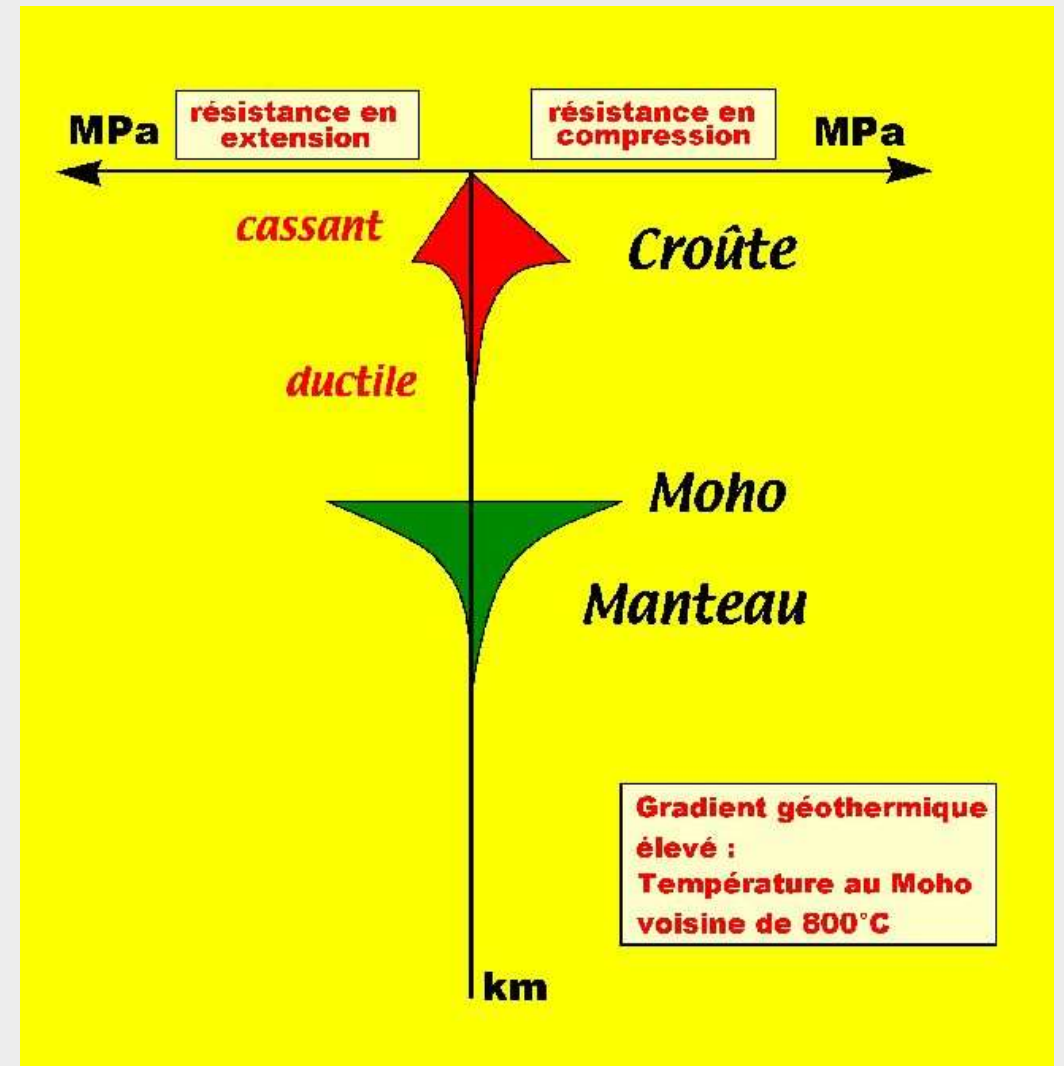
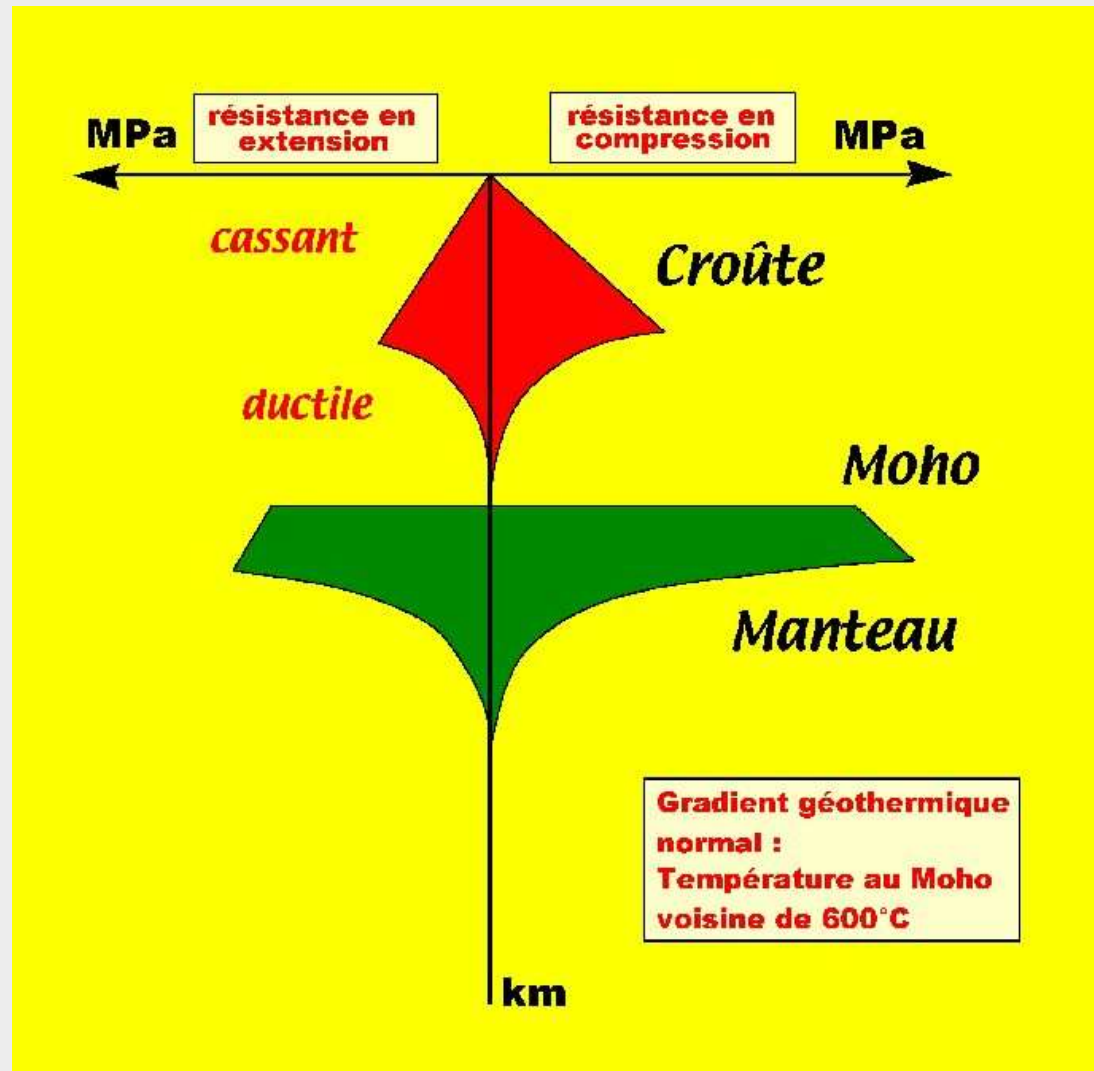
Document 19. Modèle des propriétés rhéologiques de la lithosphère continentale.

Les points situés à gauche des courbes sur cette figure sont en dessous du seuil de rupture ou de déformation plastique : la déformation est réversible.

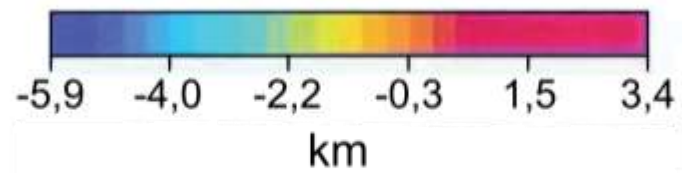
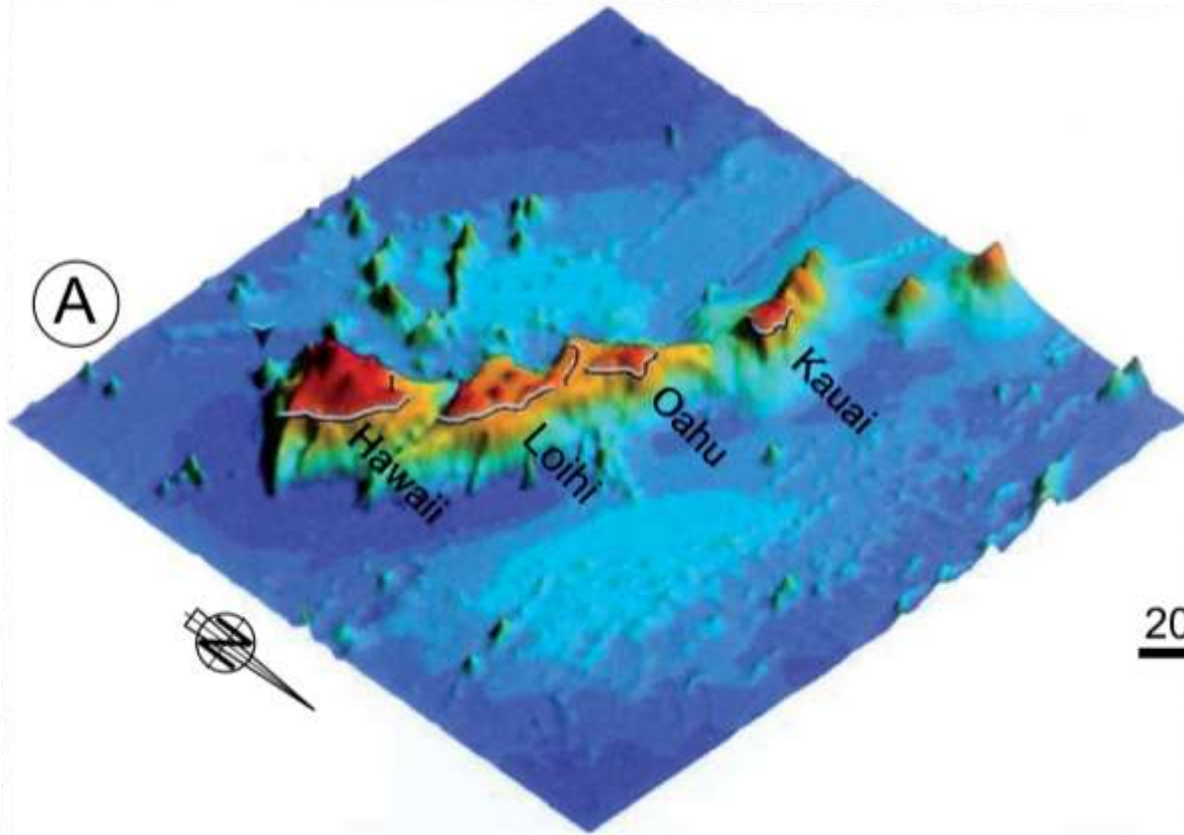
À droite des courbes, les roches se fracturent ou se déforment de manière plastique.



Profils rhéologiques en extension et en compression pour deux gradients géothermiques différents

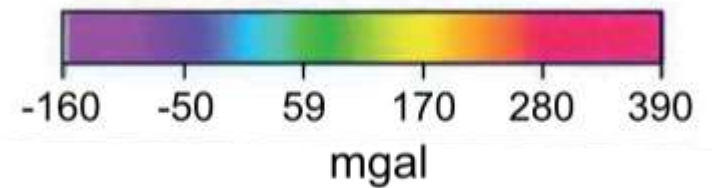
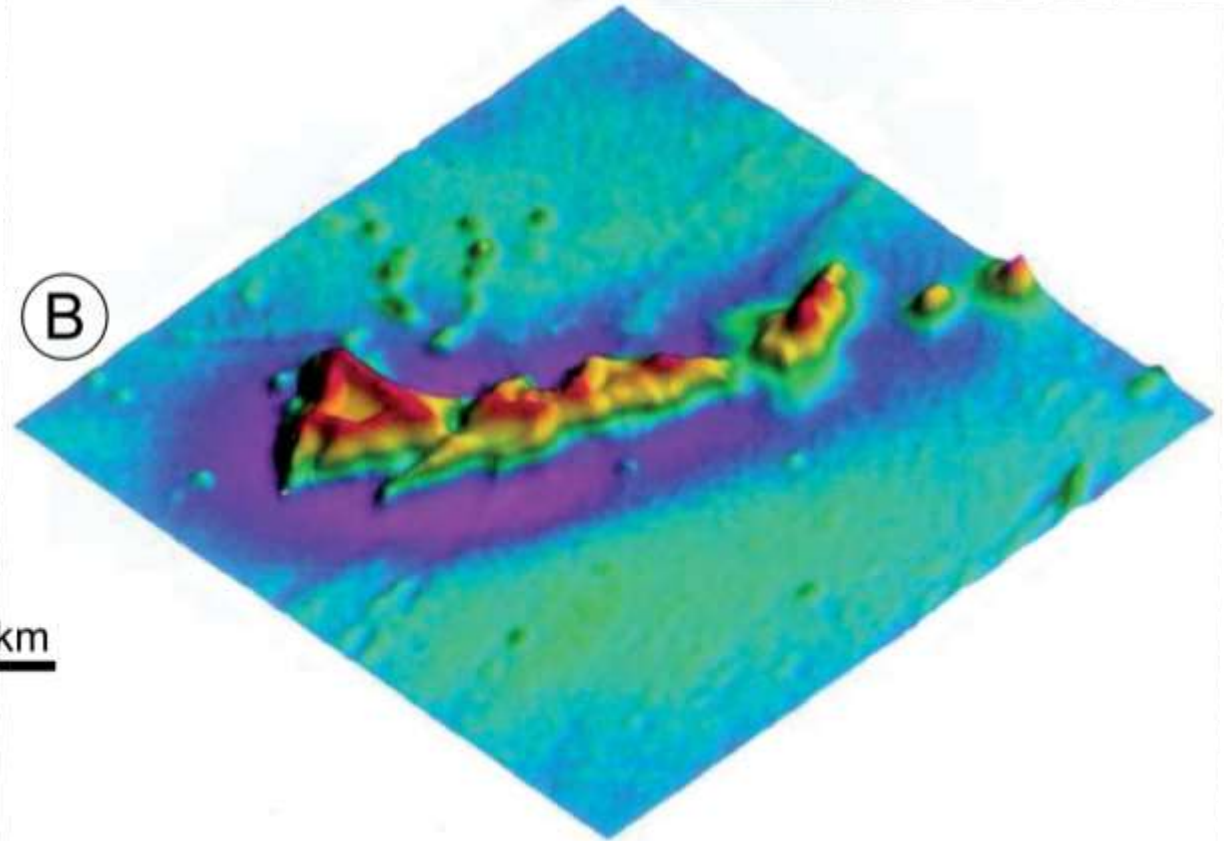


Données géophysiques sur l'archipel des îles Hawaï



Topographie

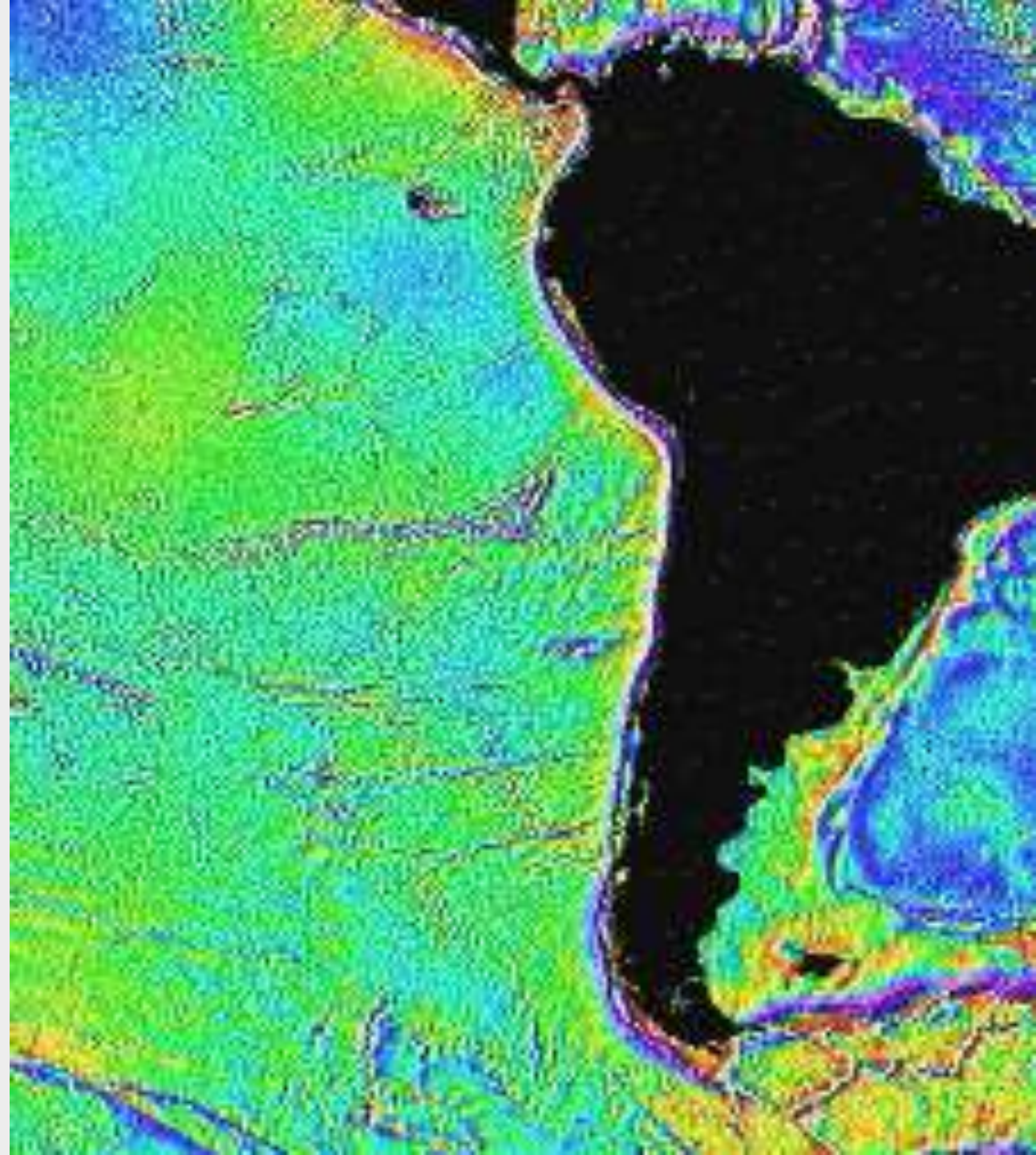
200 km



Anomalies à l'air libre

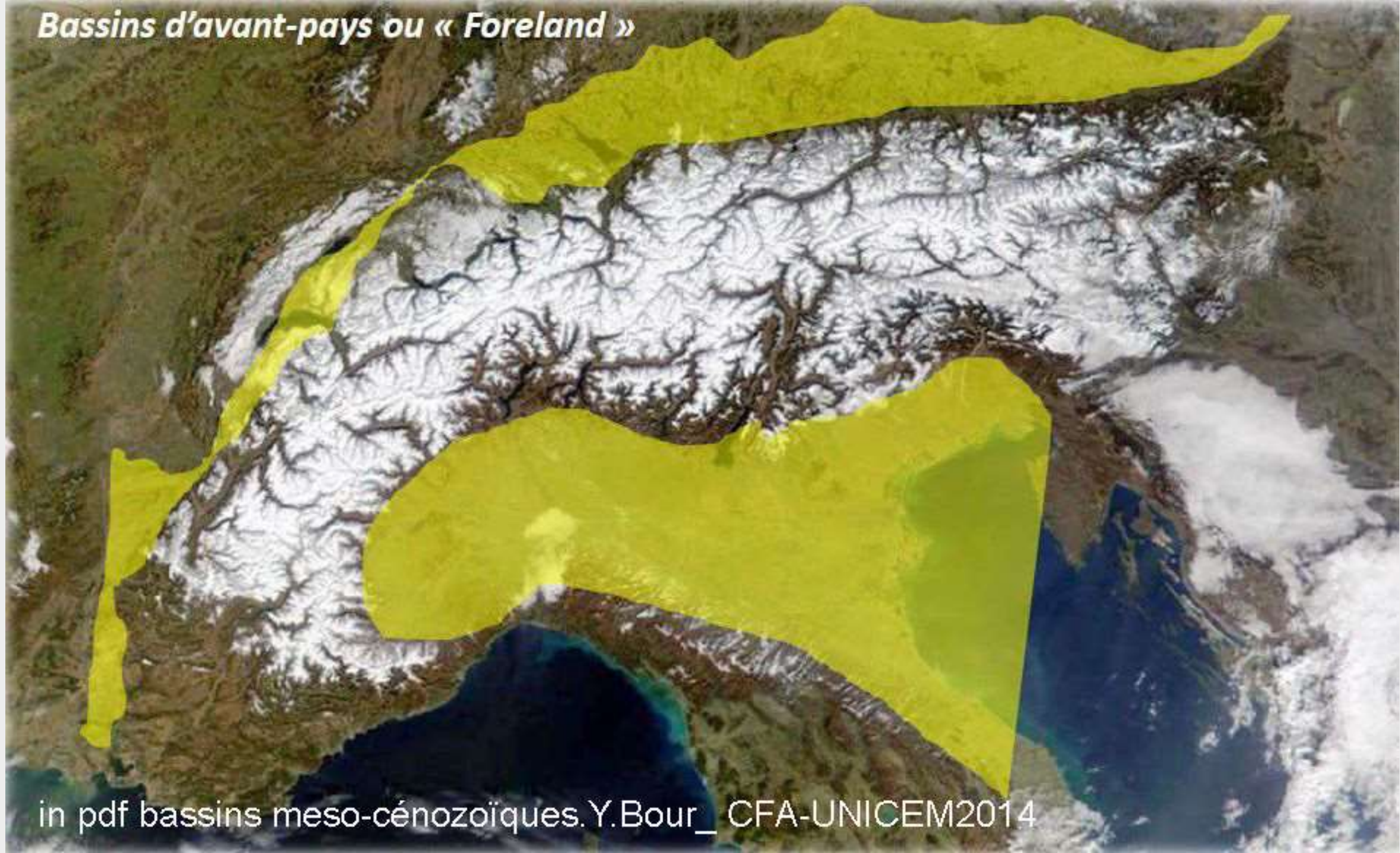
Données d'altimétrie satellitale :

**La zone de subduction Chili –
Pérou**



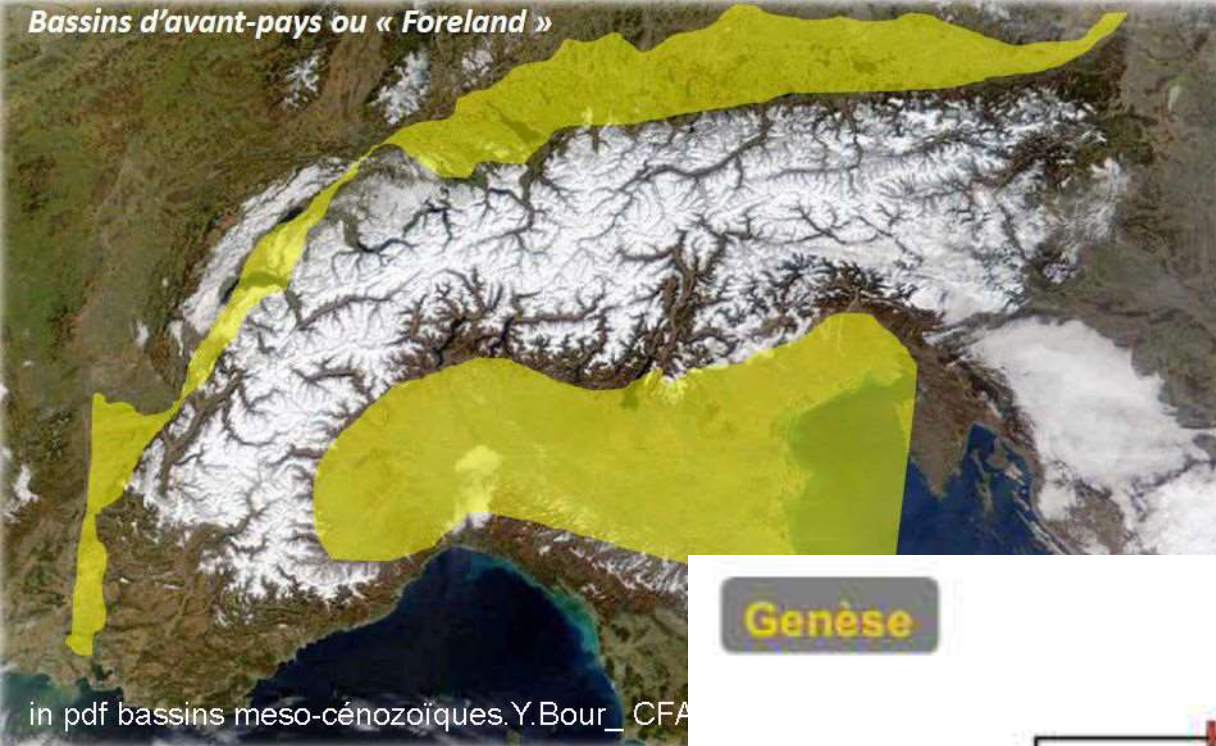
(Ifremer)

Bassins d'avant-pays ou « Foreland »



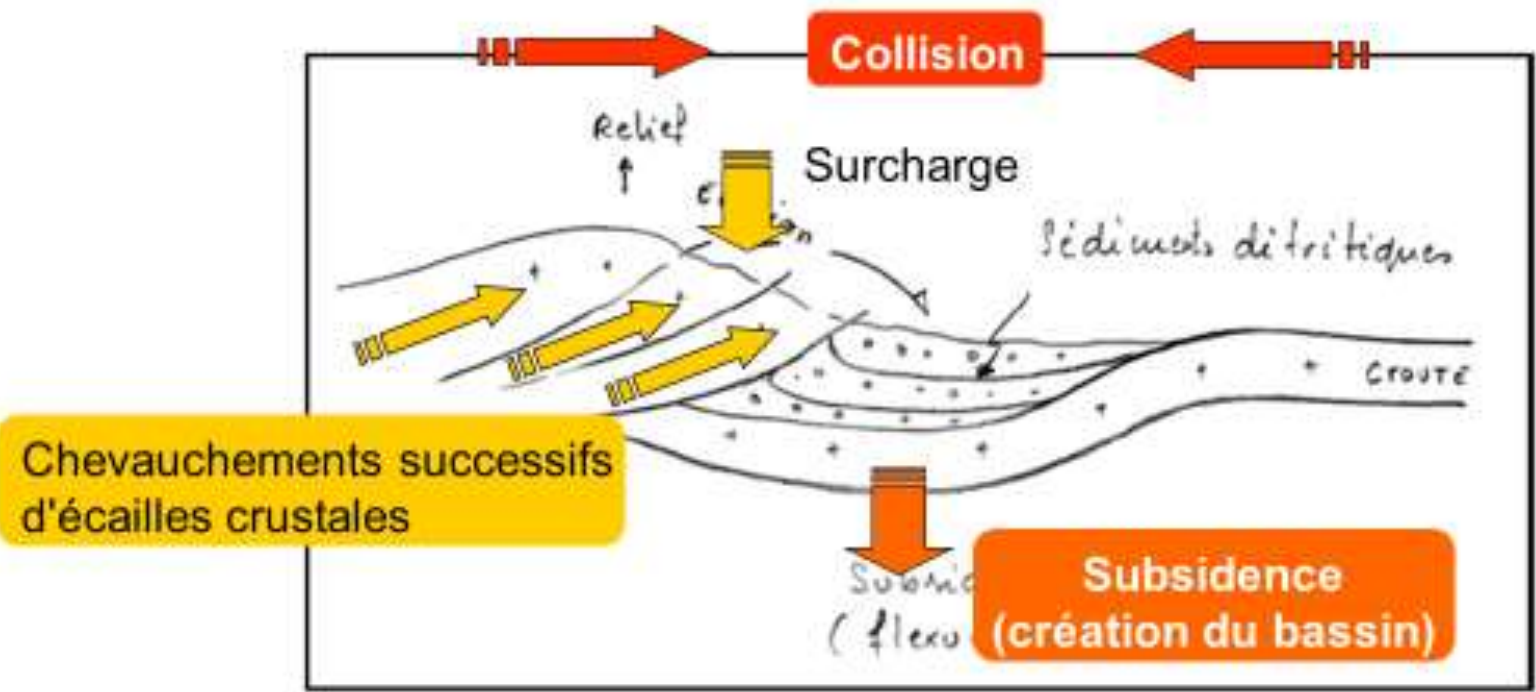
in pdf bassins meso-cénozoïques.Y.Bour_ CFA-UNICEM2014

Bassins d'avant-pays ou « Foreland »



in pdf bassins meso-cénozoïques.Y.Bour_CFA

Genèse



Chevauchements successifs d'écaillés crustales

Subsidence (création du bassin)

Failles dans une zone de convergence (chaîne de collision) : exemple au Ladakh (Inde), Himalaya



Photographie : Pierre Thomas

Failles dans une zone de convergence (chaîne de collision) : exemple au Ladakh (Inde), Himalaya



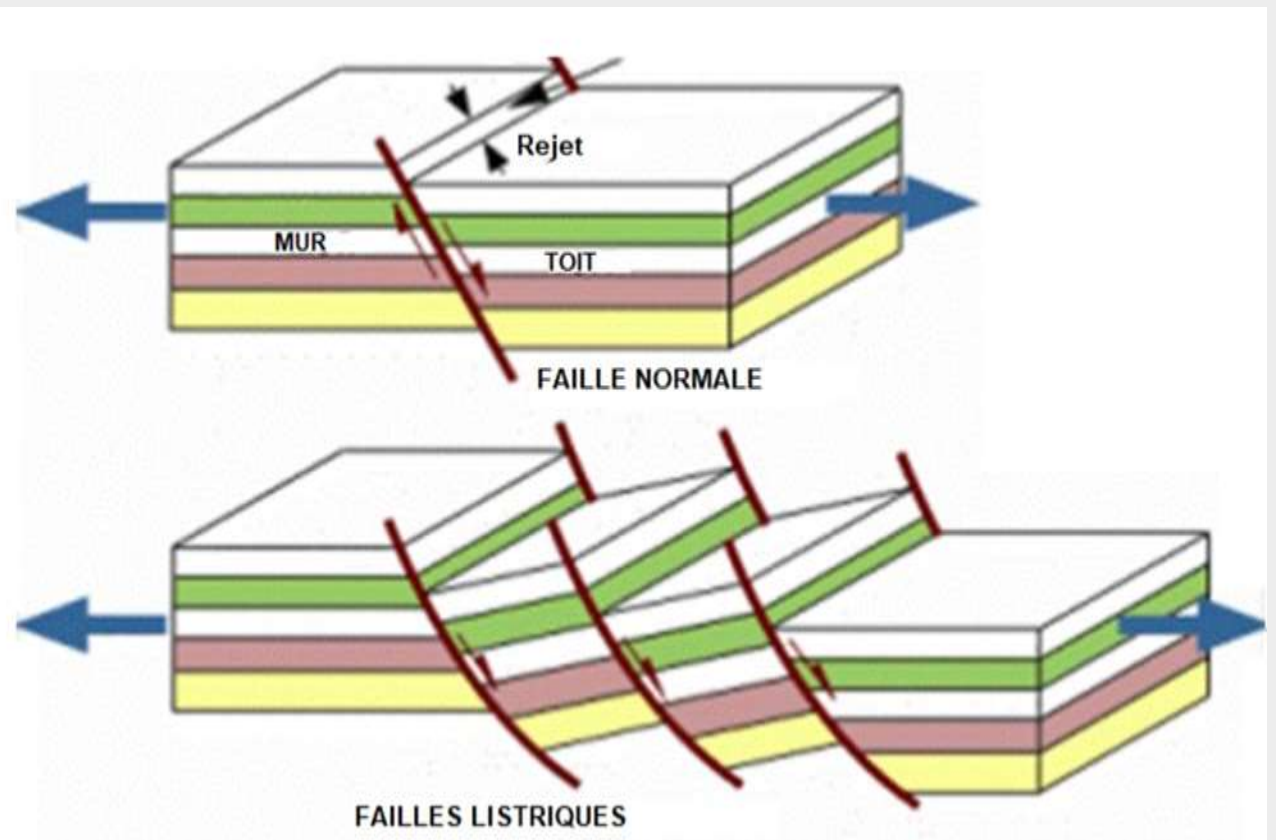
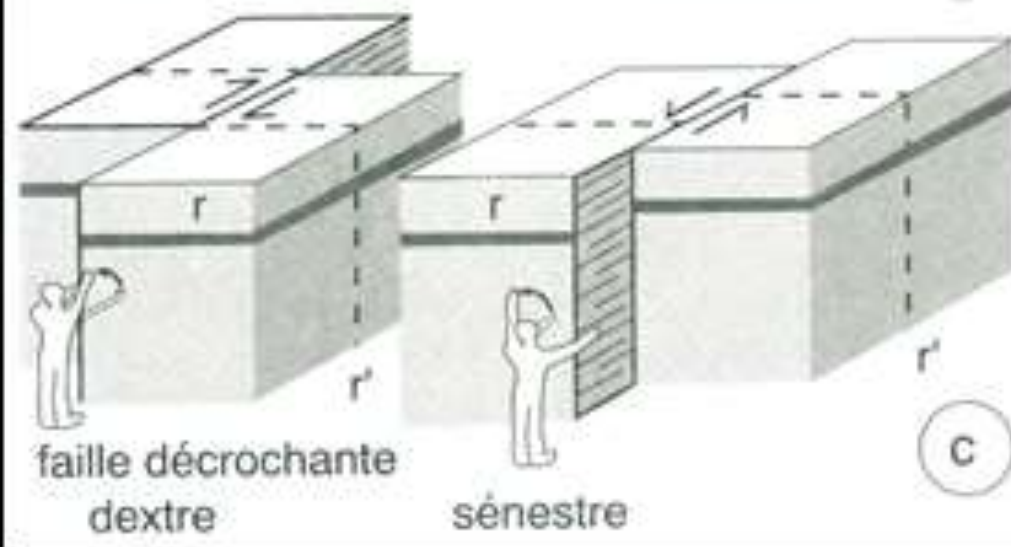
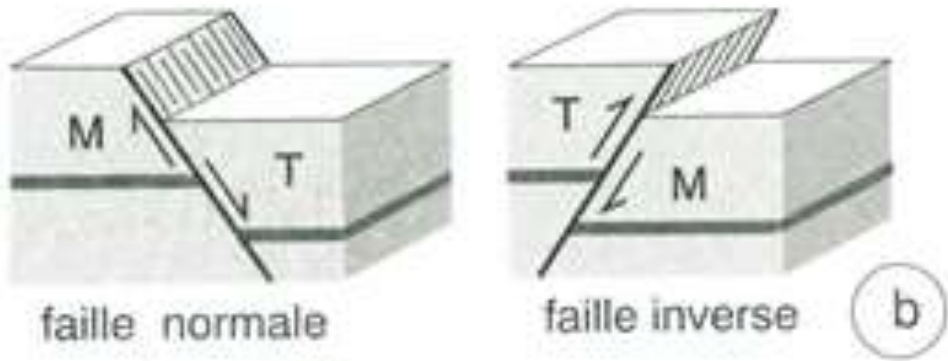
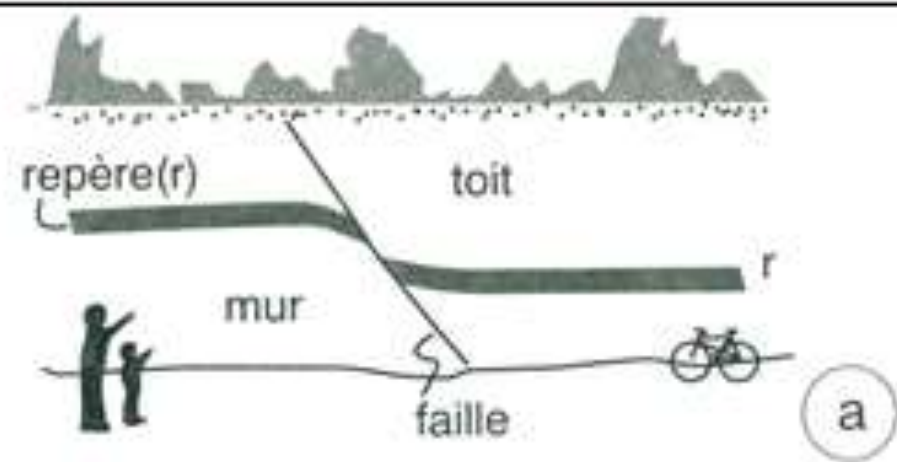
Photographie : Pierre Thomas

Failles dans une zone de convergence (chaîne de collision) : exemple au Ladakh (Inde), Himalaya

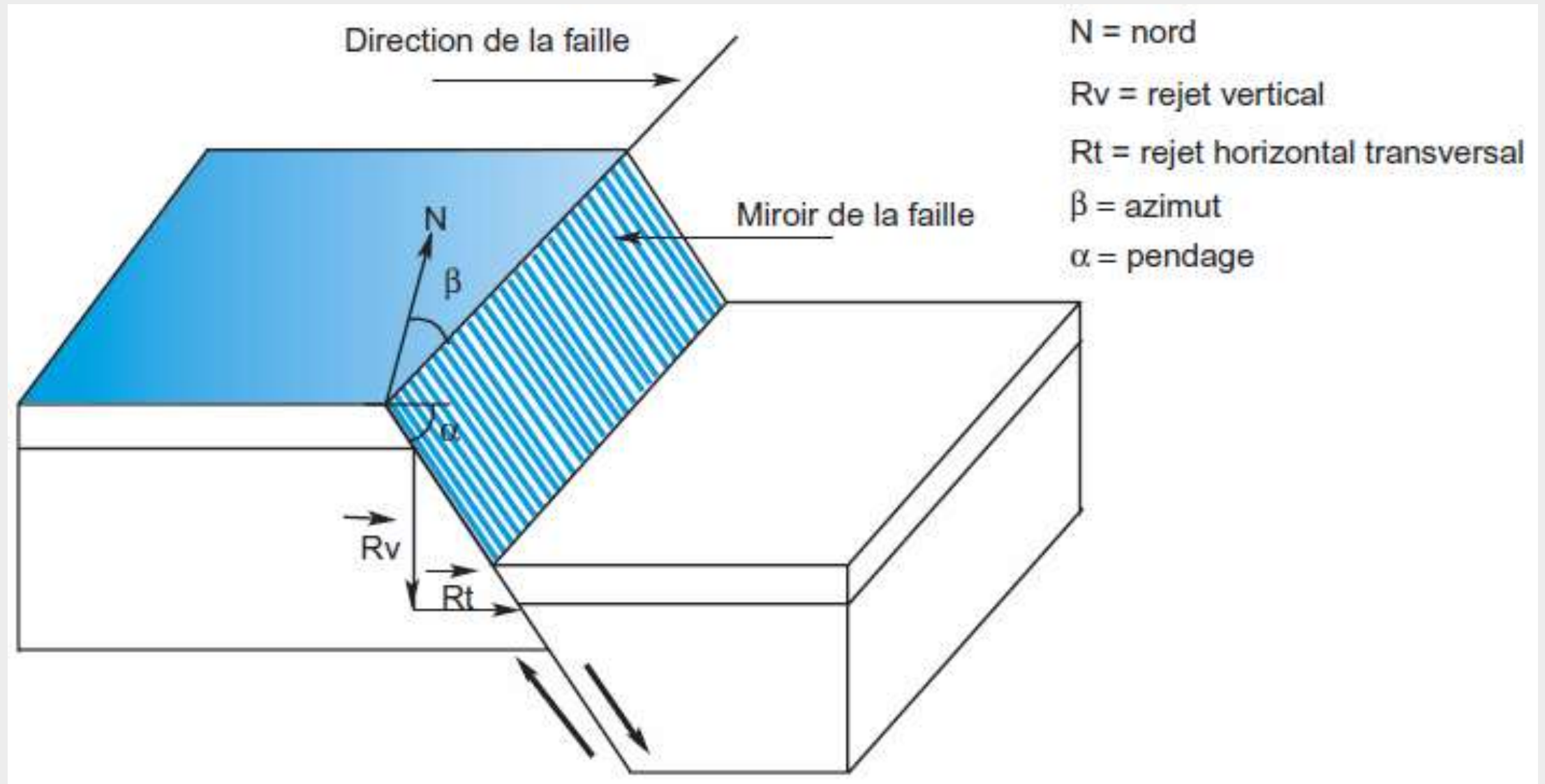


Document 20. Les différents types de failles.

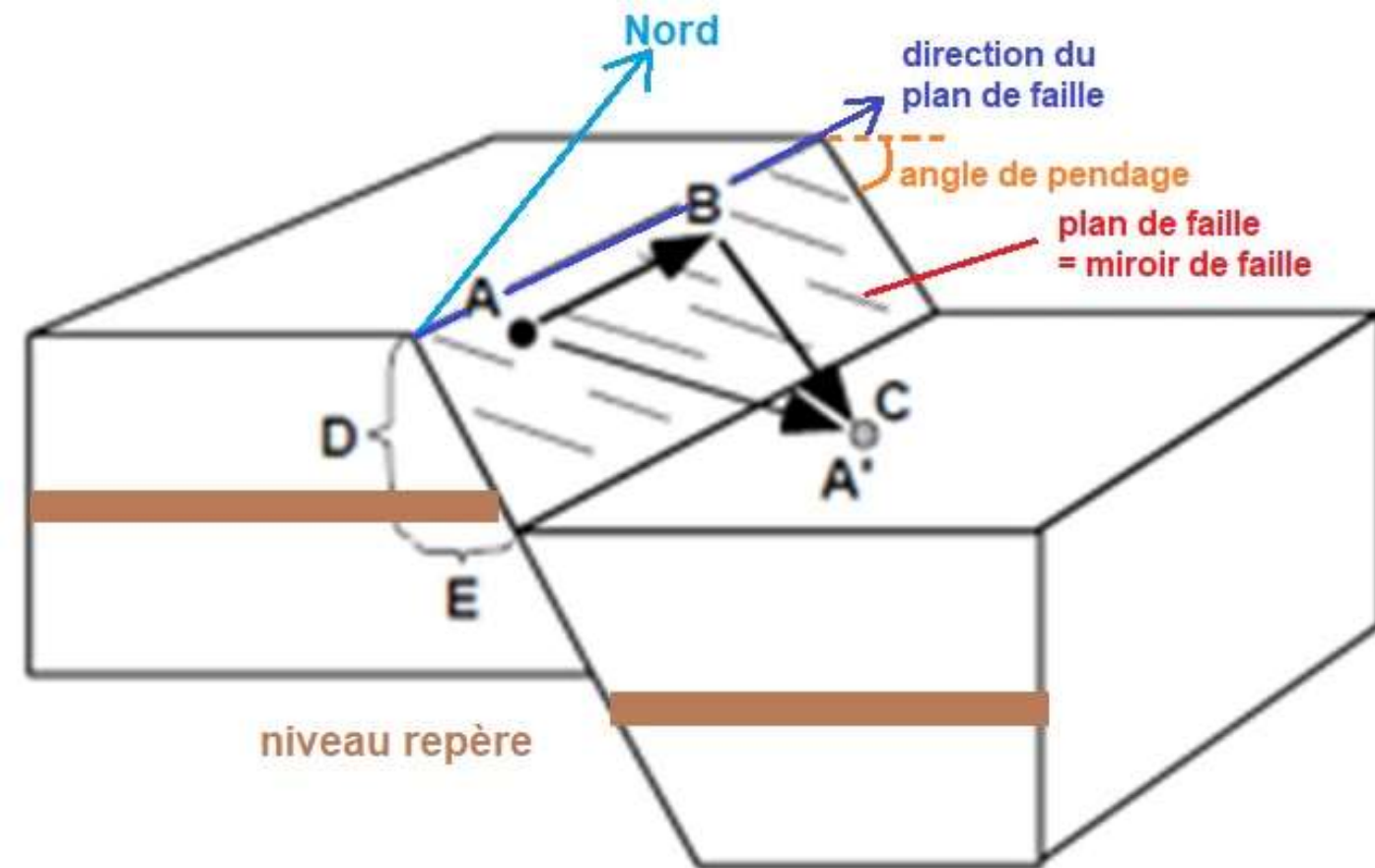
Document 1.



Document 21. Éléments de description d'une faille.



Document 21. Eléments de description d'une faille.



A-A' rejet réel

COMPOSANTES DU REJET APPARENT

- A-B rejet horizontal longitudinal
- B-C rejet transversal
- D rejet vertical
- E rejet horizontal transverse



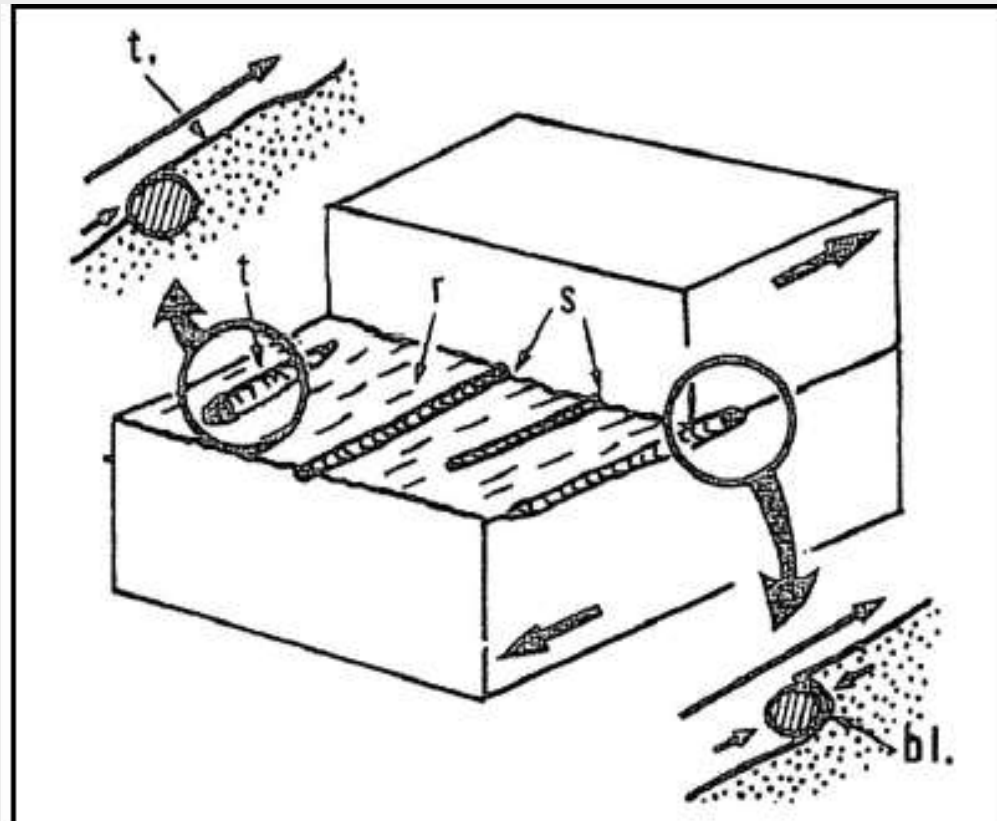
<http://christian.nicollet.free.fr/page/TectoCassante/tectocassante.html>



Document 22. Les indices de déplacement relatif au niveau d'une faille (1).

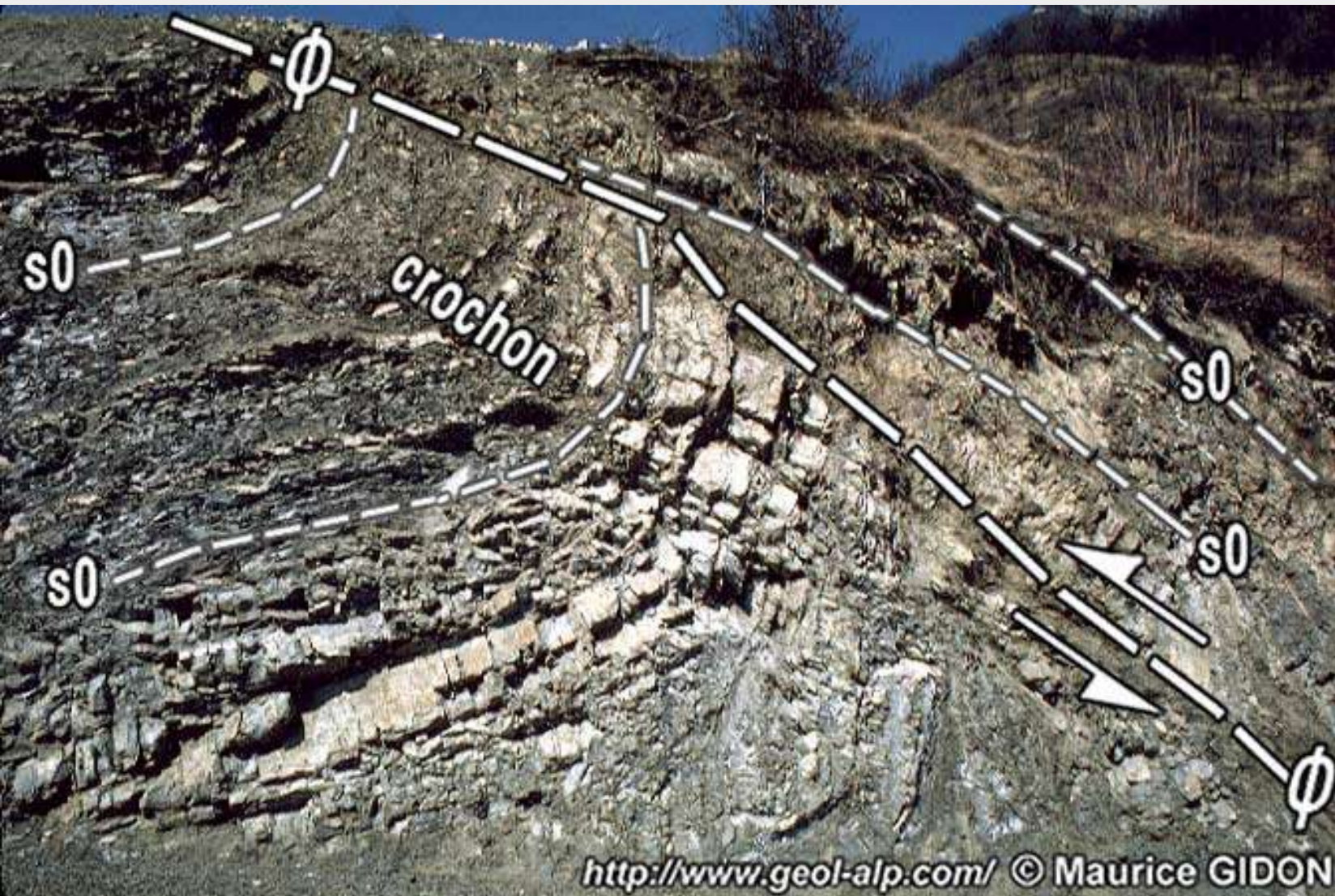
Les stries (s) et rayures (r) permettent de définir la direction du déplacement des blocs.

Elles ne permettent pas d'en connaître le sens.



Si les stries sont accompagnées de traces de blocages de fragments résistants (bl) ou de trainées résultant de l'abrasion d'un relief (t), on peut déterminer le sens du mouvement relatif des blocs.

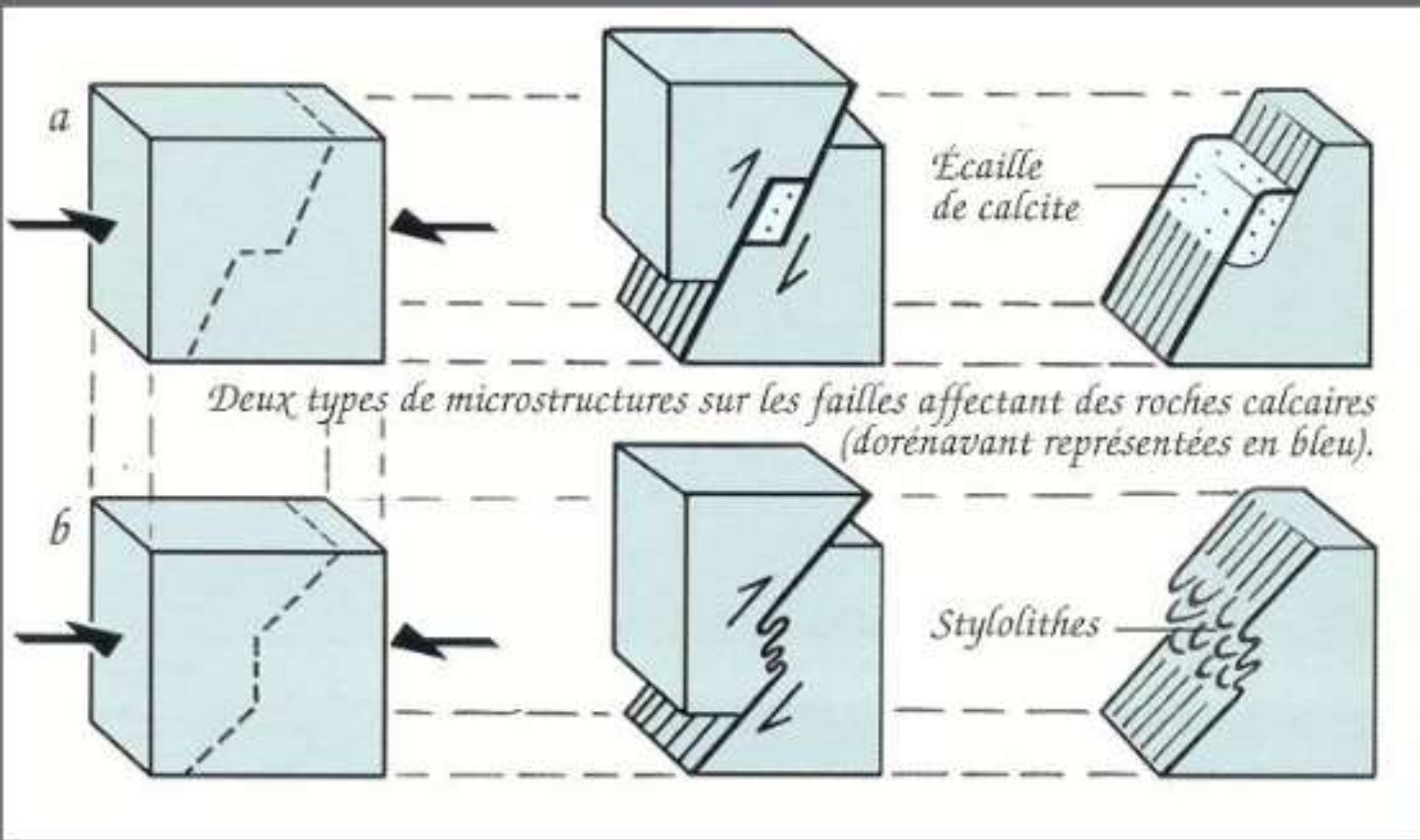
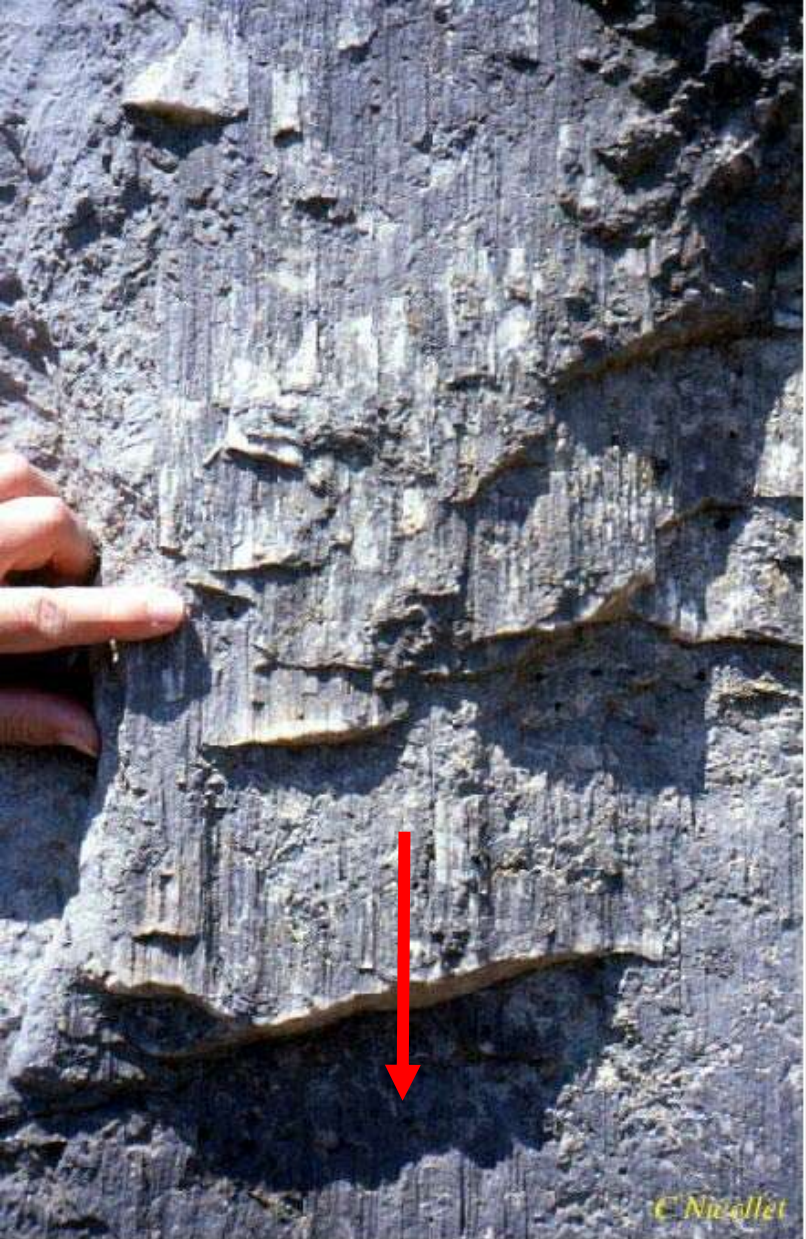
Document 22. Les indices de déplacement relatif au niveau d'une faille (2).



la torsion des surfaces recoupées par le miroir de faille, qualifiée de "**crochon**", affecte le plus souvent des bancs.

Les crochons permettent de déterminer le sens du déplacement relatif des deux blocs.

Document 22. Les indices de déplacement relatif au niveau d'une faille (3).



Mattauer, Ce que disent les roches, 1998

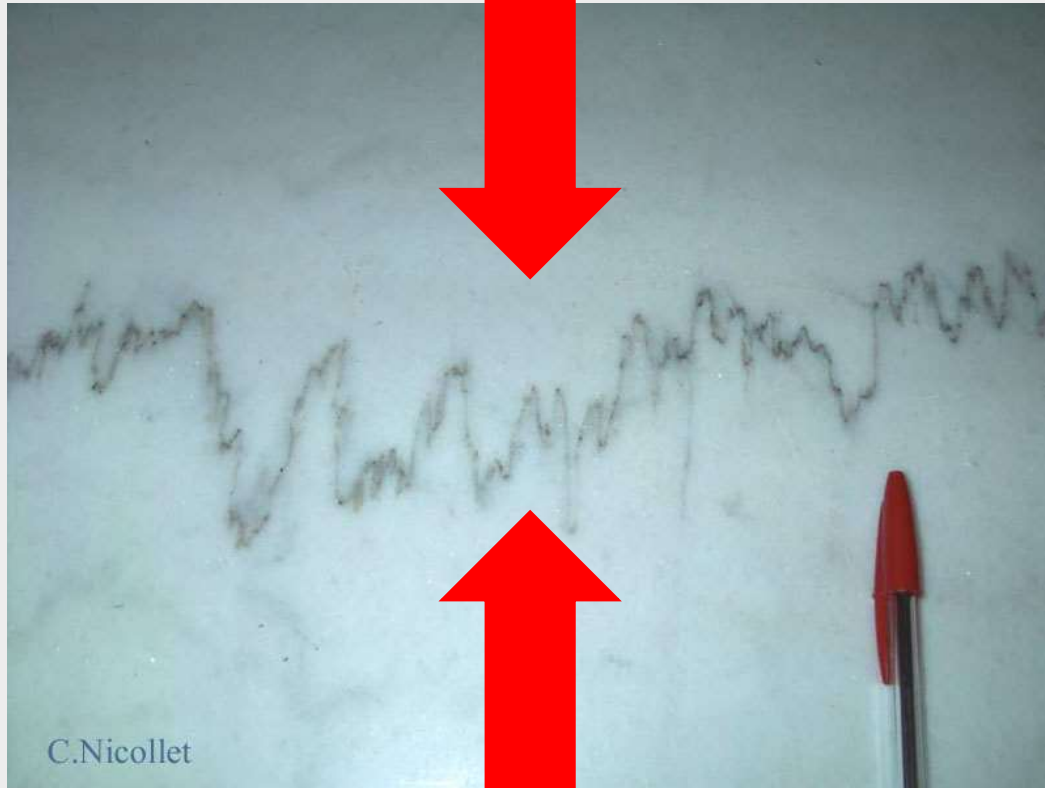
Sens de déplacement du compartiment manquant

Des escaliers de recristallisation minérale ou des joints styloolithiques permettent de déterminer le sens du mouvement relatif des blocs.

Ces deux types de structures = tectoglyphes.

Axe (O)Z

Stylolithes



σ_1

σ_3

Fentes de tension

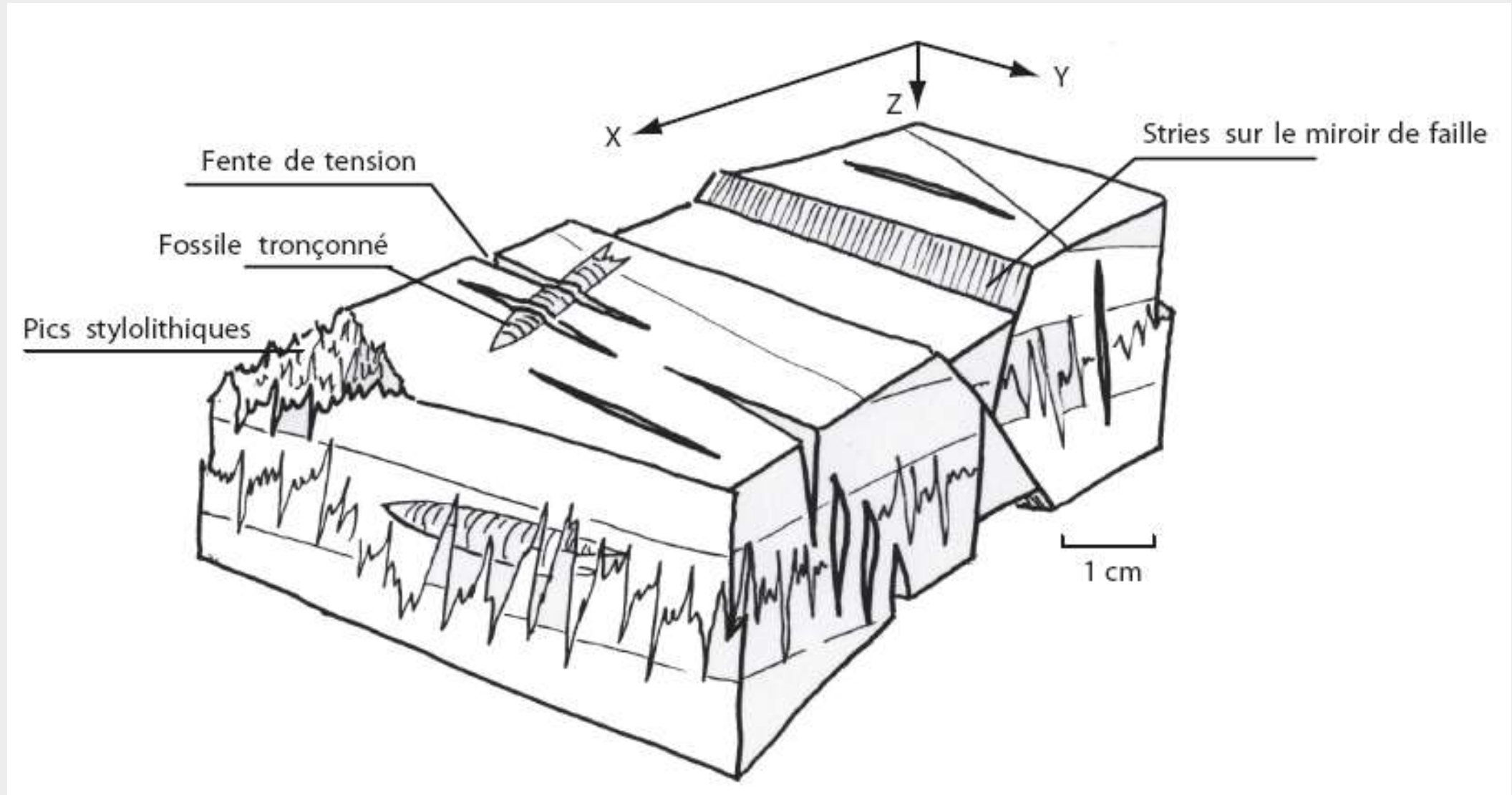
Axe (O)X



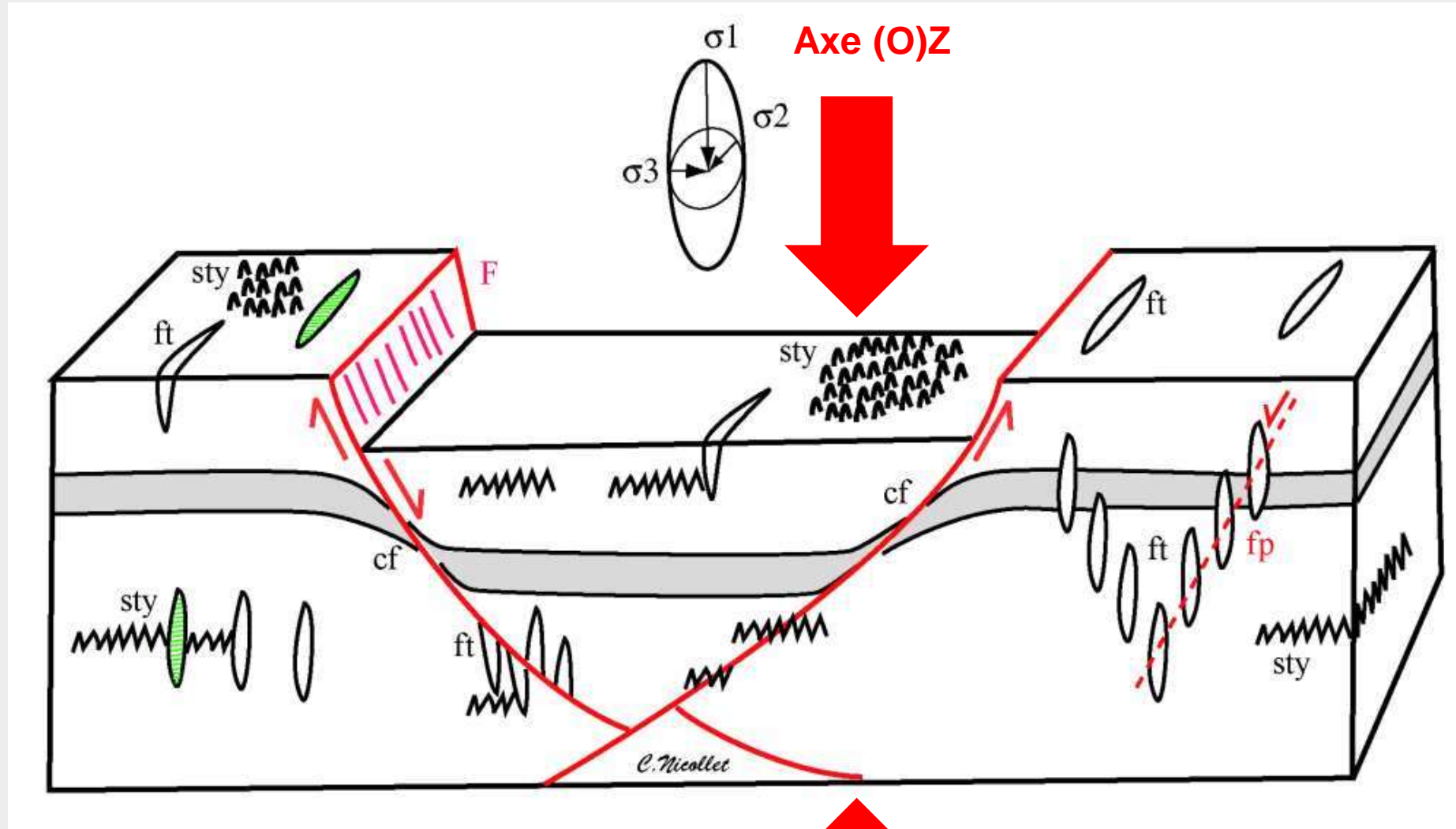
Des plans stylolithiques se forment perpendiculairement à la contrainte principale σ_1 et à la direction Z de l'ellipsoïde de la déformation : ils marquent donc le plan d'aplatissement X-Y. Ces plans sont irréguliers et constitués de pics stylolithiques qui indiquent la direction de Z. Ils se forment par dissolution de la roche et permettent d'accommoder le raccourcissement.

Parallèlement à la contrainte principale σ_1 , des fractures vont s'ouvrir et leurs lèvres vont s'écarter et se remplir de calcite : ce sont les fentes de tension. La calcite cristallise parfois en fibres qui s'orientent selon la direction d'allongement X.

Document 23. Les indices permettant de caractériser une déformation.



Failles et ellipsoïde des contraintes(1)

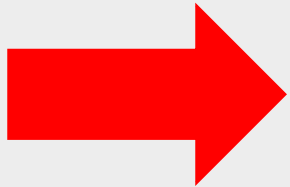


Axe (O)X

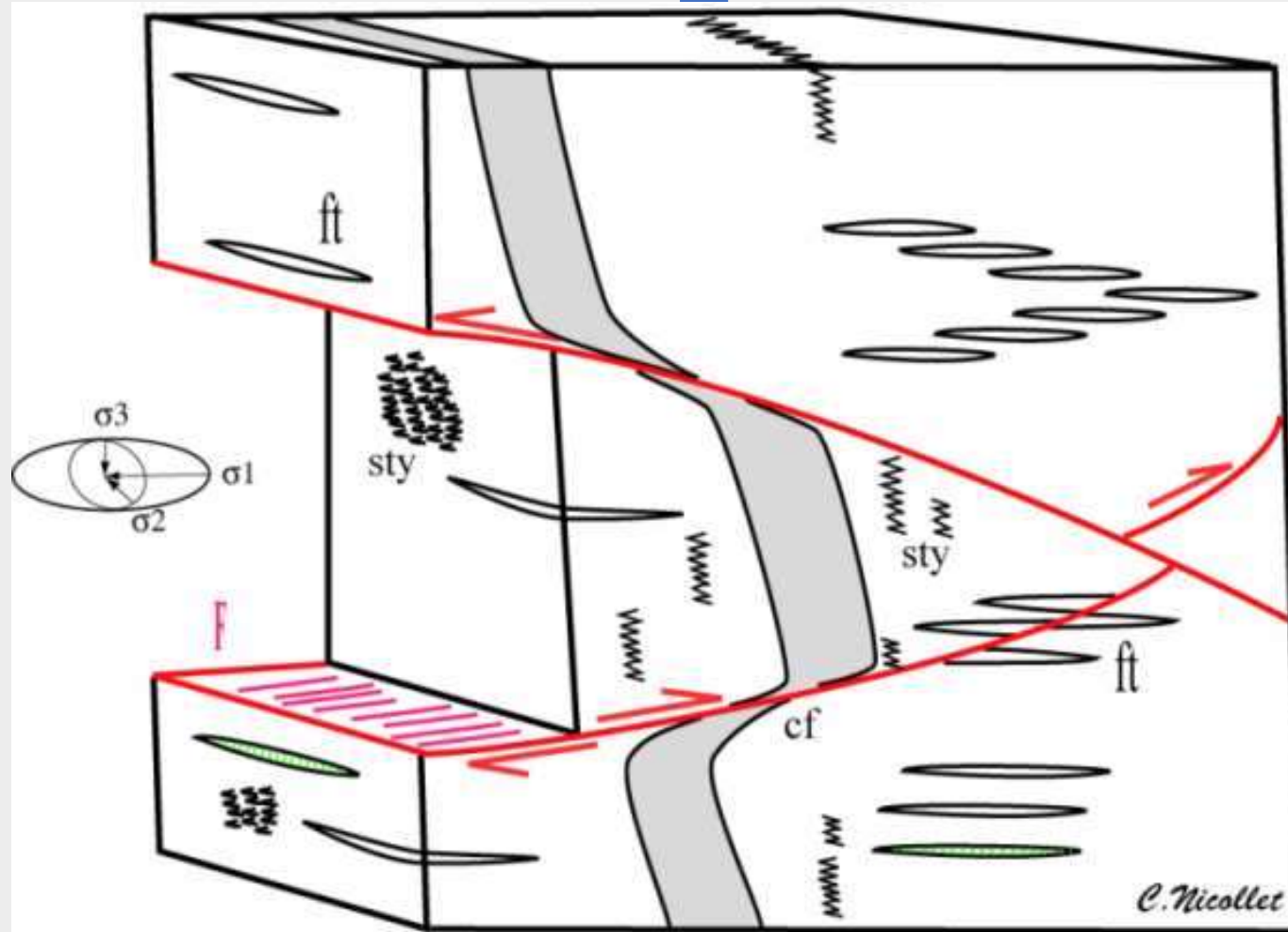
XOY horizontal

Failles et ellipsoïde des contraintes (2)

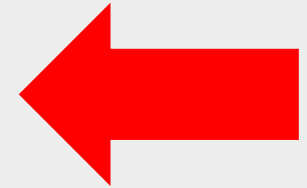
Axe (O)Z



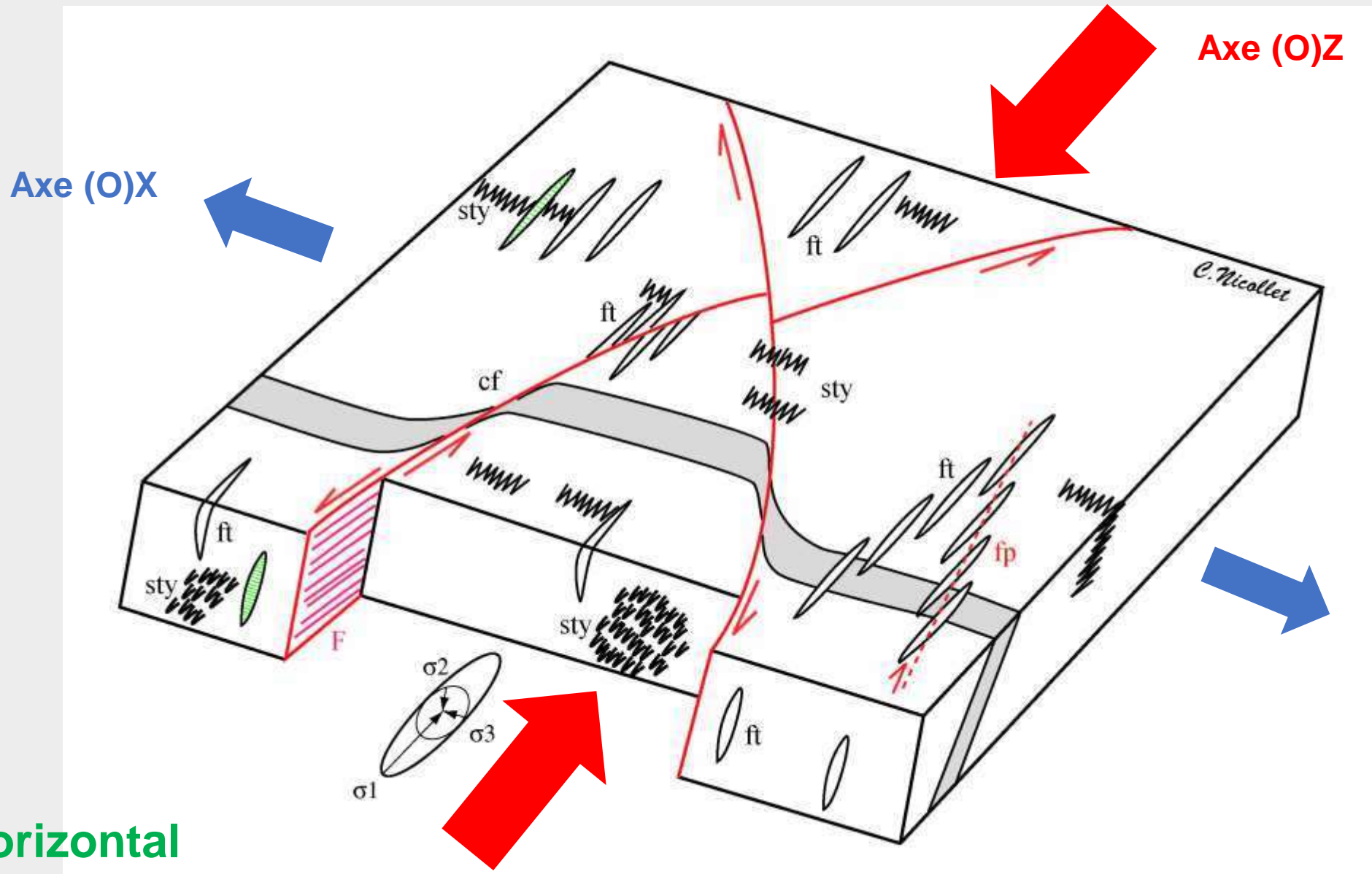
Axe (O)X



YOZ horizontal

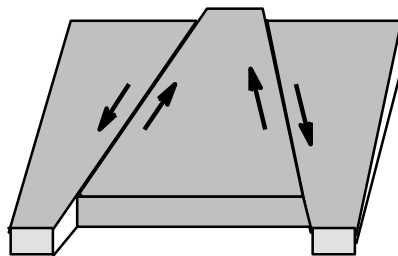
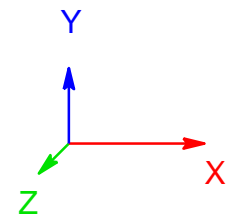
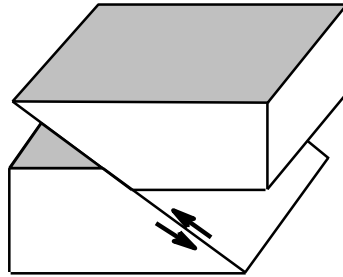
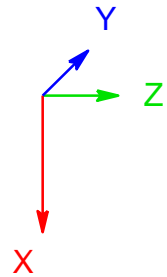
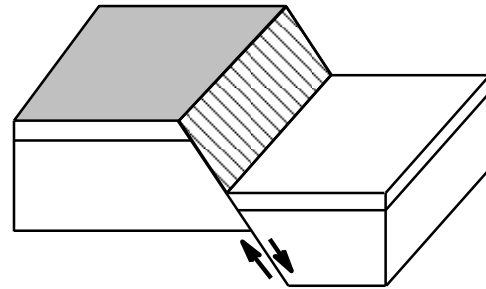
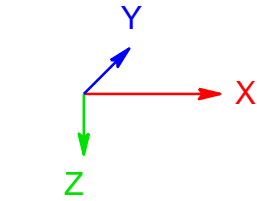


Failles et ellipsoïde des contraintes (3)

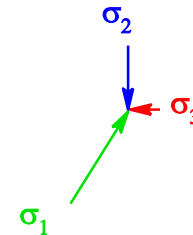
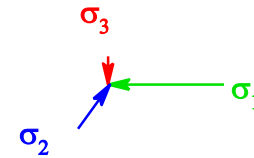
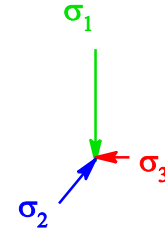


Document 24. Relations entre ellipsoïde des déformations et ellipsoïde des contraintes pour les failles.

Ellipsoïde des déformations

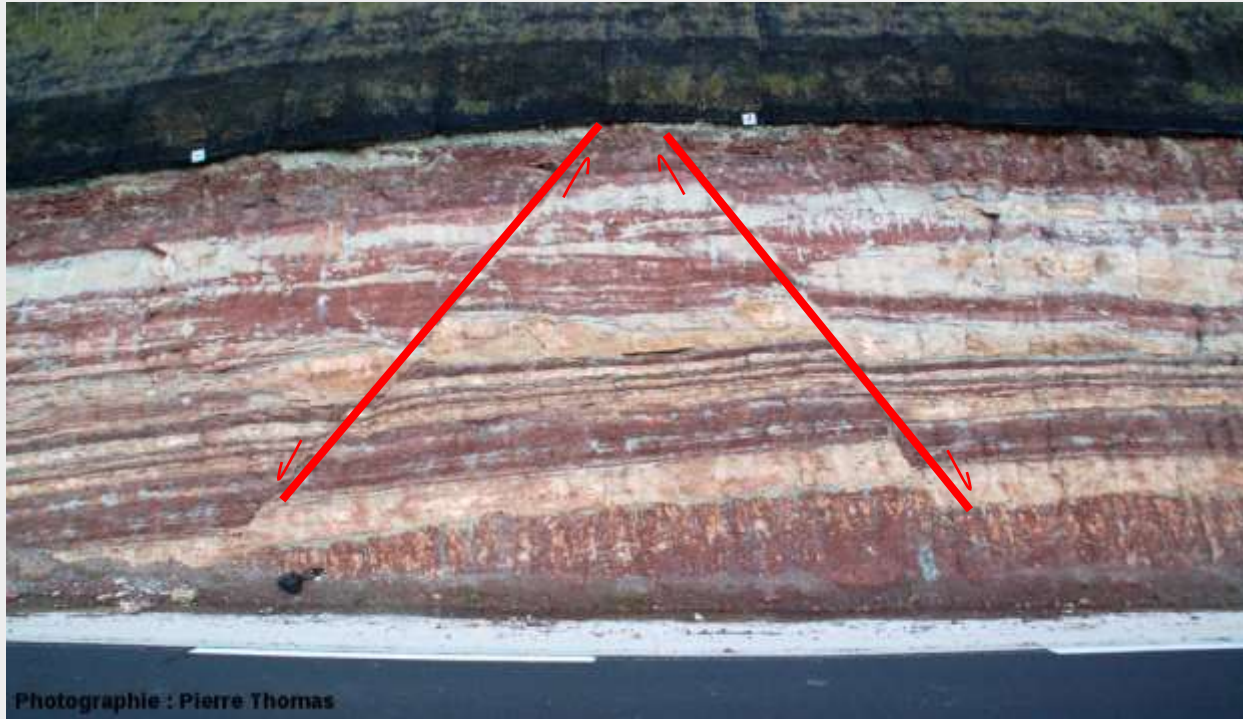


Ellipsoïde des contraintes

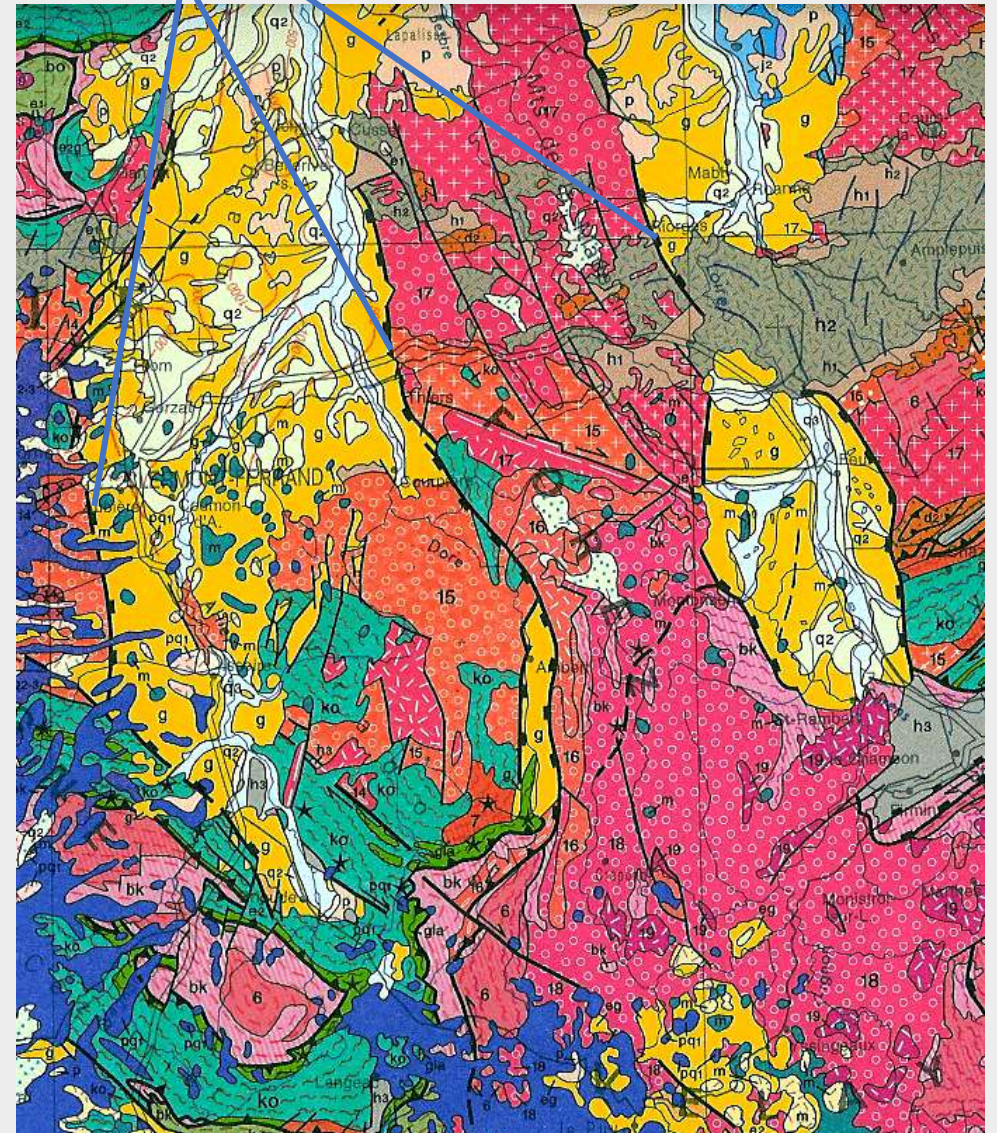


Failles normales

Sur la carte



Photographie : Pierre Thomas



Symboles des failles sur une carte géologique :

- Faille normale =
- Faille inverse =
- Faille décrochante = ou

Failles inverses



Sur la carte

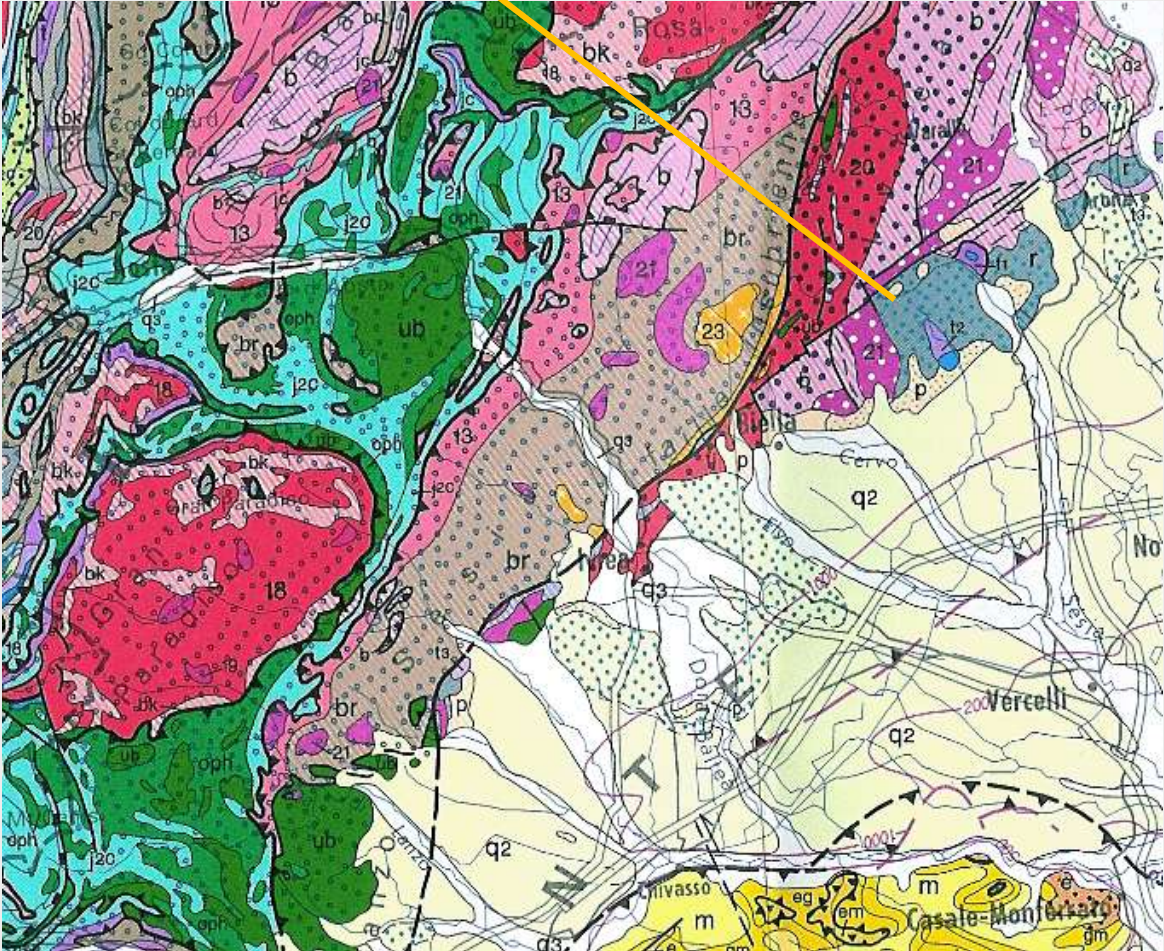
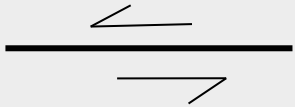


Symboles des failles sur une carte géologique :

- Faille normale =
- Faille inverse =
- Faille décrochante =

Failles décrochantes

Sur la carte



Symboles des failles sur une carte géologique :

- Faille normale =
- Faille inverse =
- Faille décrochante = ou

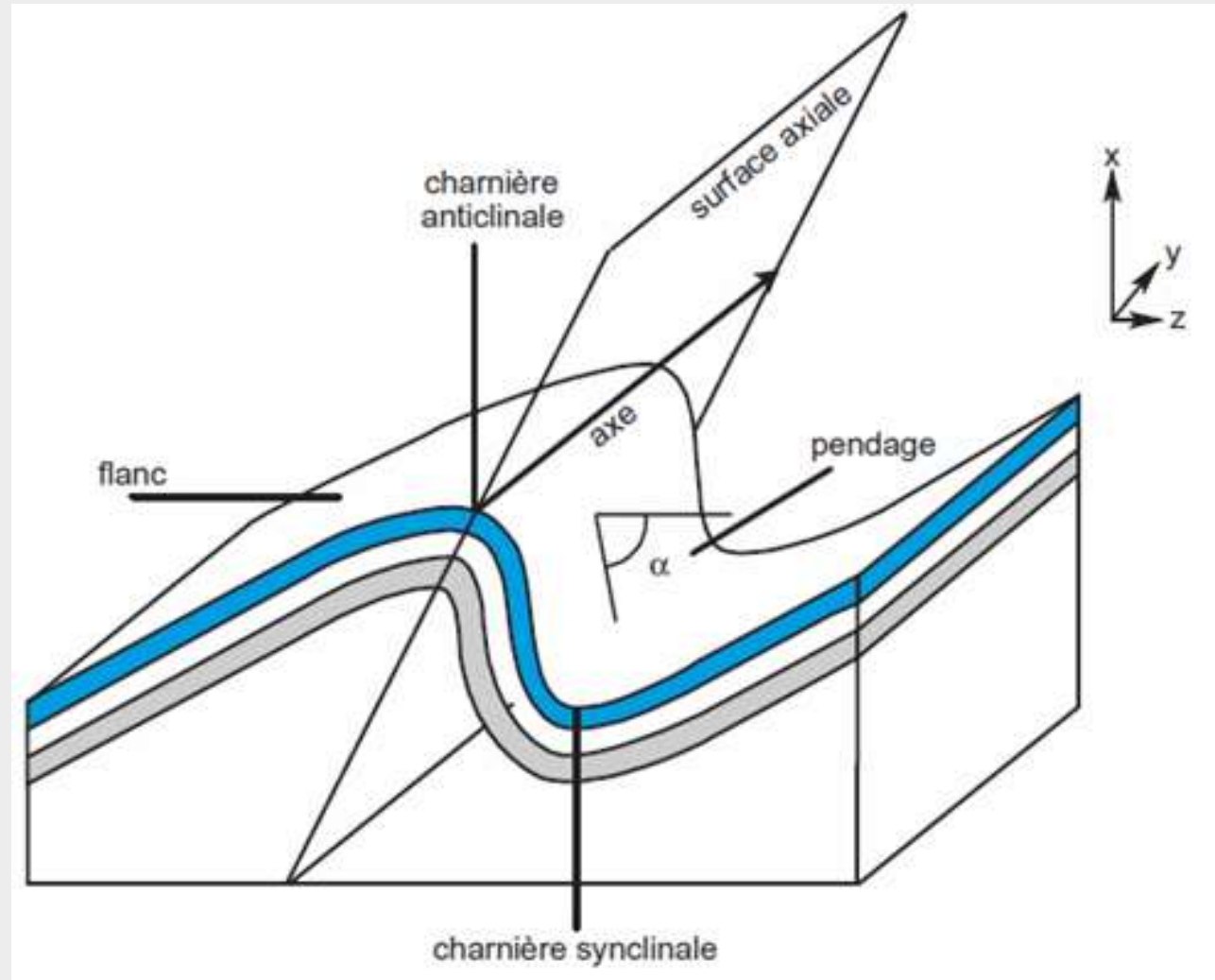
Deux exemples de plis



Photographie Alain Lemarié

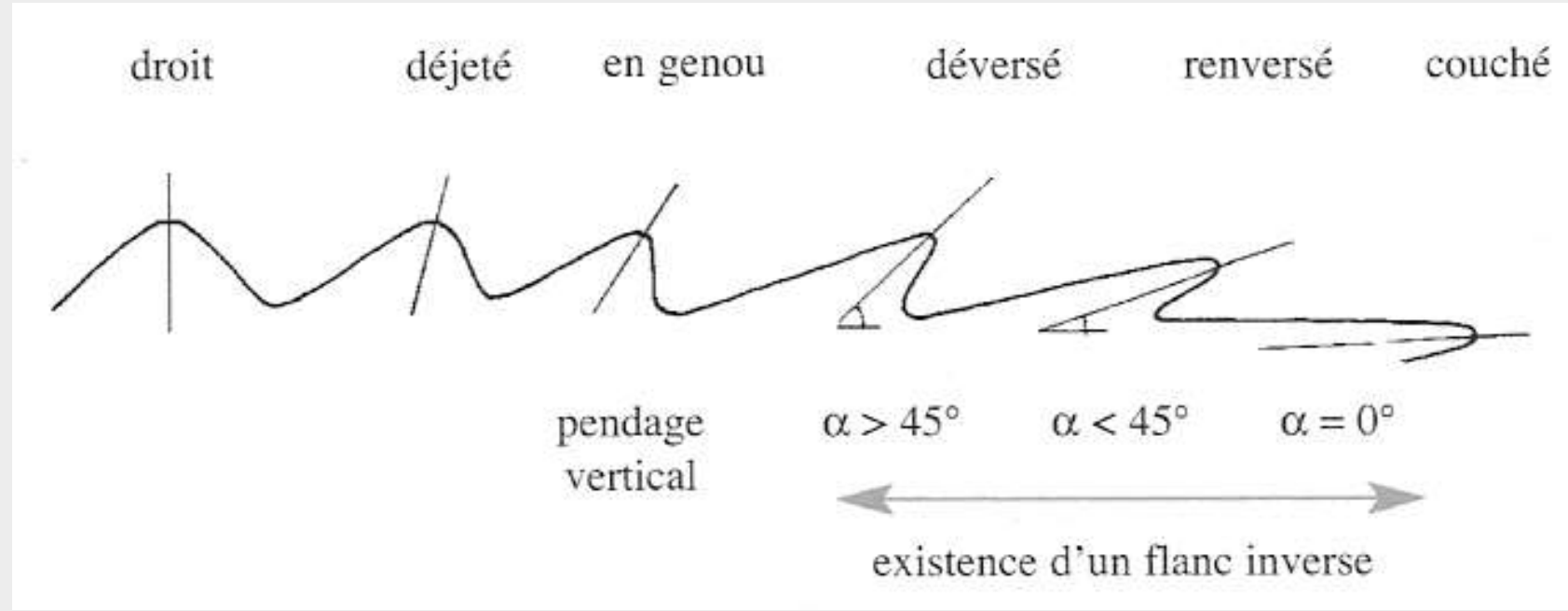
Document 25. Éléments de description d'un pli.

La couche bleue est supposée être la plus récente.



Document 26. Différents types de plis.

Selon le pendage du plan axial et des flancs

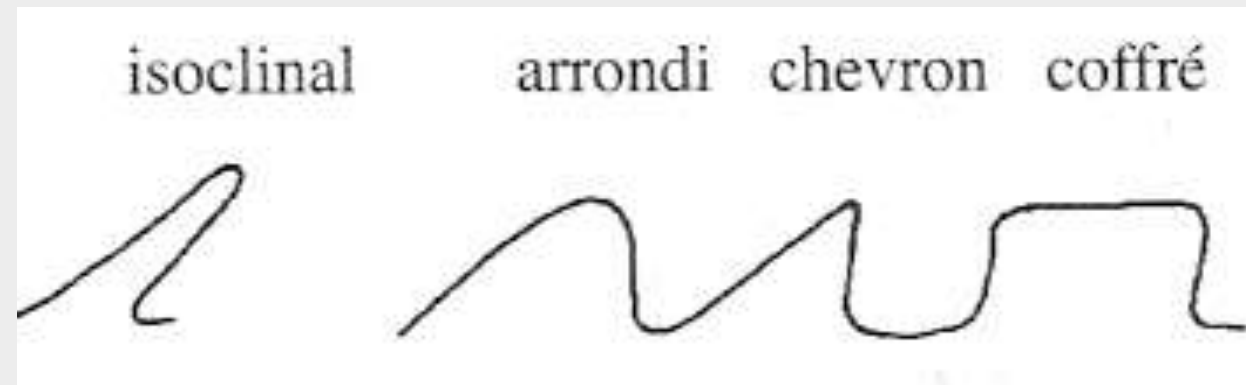


Selon leur forme

Isoclinal : flancs parallèles entre eux

En chevron : charnière anguleuse et flancs plats

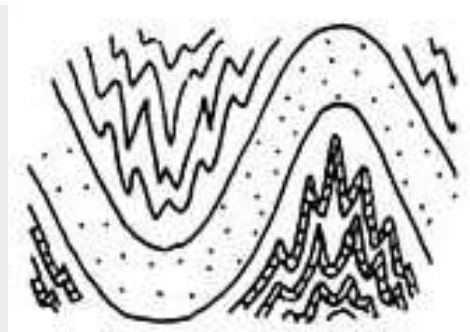
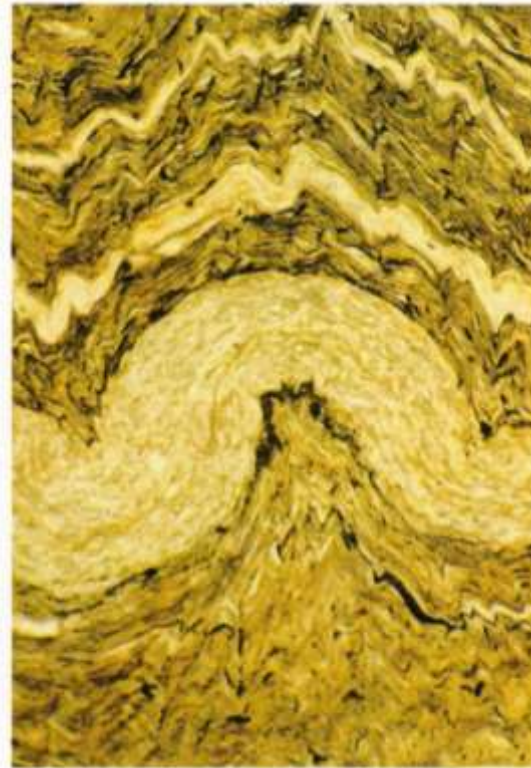
Coffré : flancs verticaux ou presque, sommet (anticlinal) ou fond (synclinal) plat



Différents types de plis selon la déformation



Pli isopaque dans des marnes



Pli isopaque avec dysharmonie

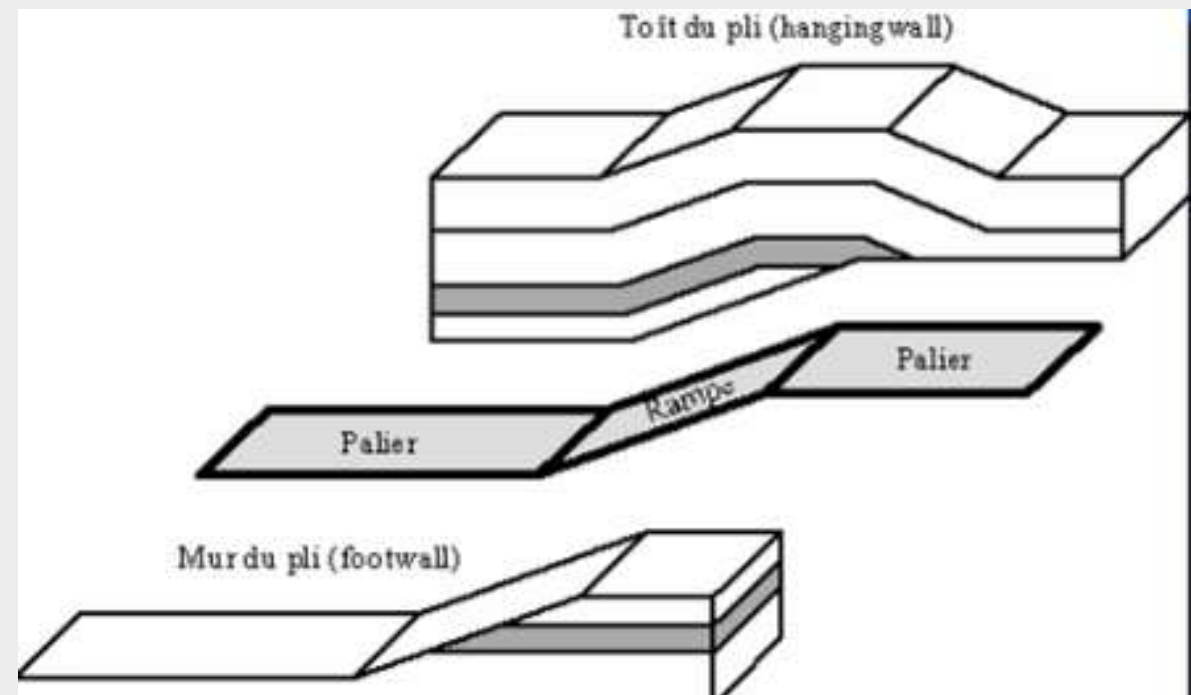
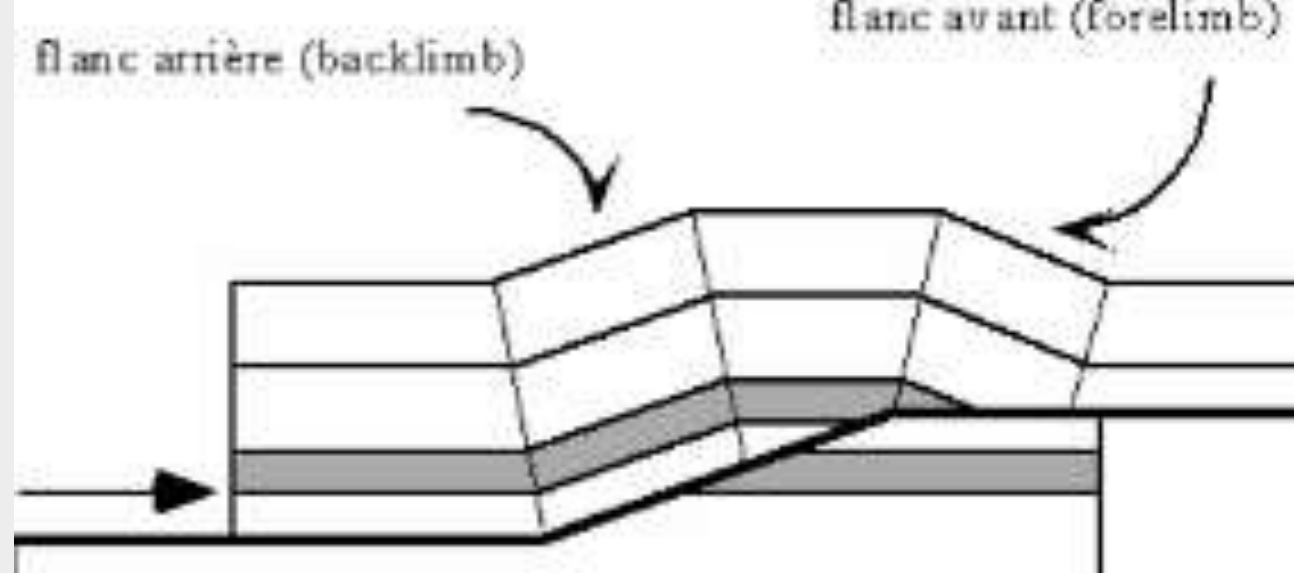


Plis anisopaques

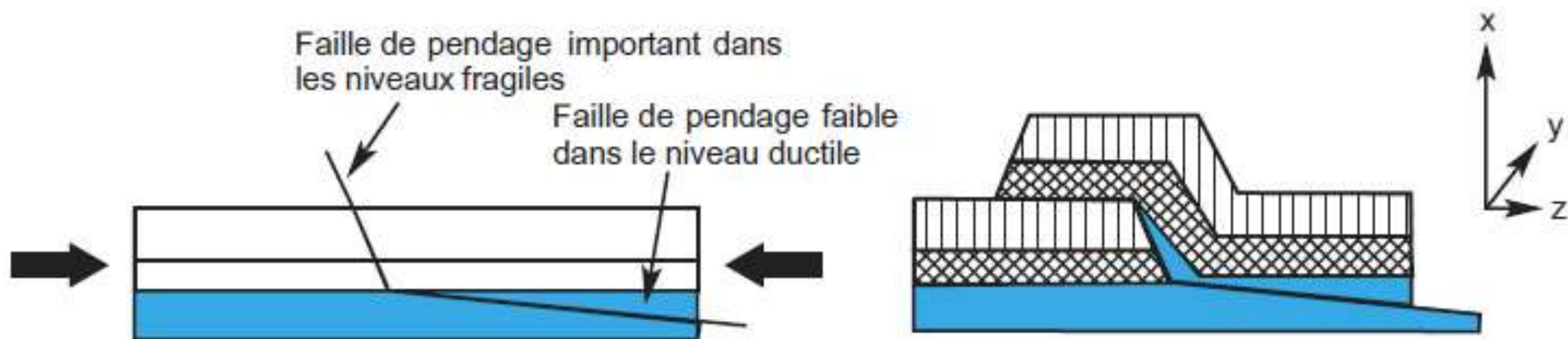
Pli de rampe



Photo et interprétation Yvan Bour
(université de Bourgogne)



De nombreux plis dans le Jura sont interprétés comme une succession de « plats-rampes ». Il s'agit de petits chevauchements comme le montre la [figure 10.10](#).



La contrainte détermine des failles (rampe) dans les niveaux fragiles (en hachures) et des cisaillement dans le niveau ductile (plat).

Le chevauchement qui en résulte a l'allure d'un pli.

Figure 10.10 Mécanisme de formation d'un plat-rampe.

Pli dysharmonique



Ils sont liés à la différence de compétence des roches formant la stratification initiale S_0

Pli anisopaque



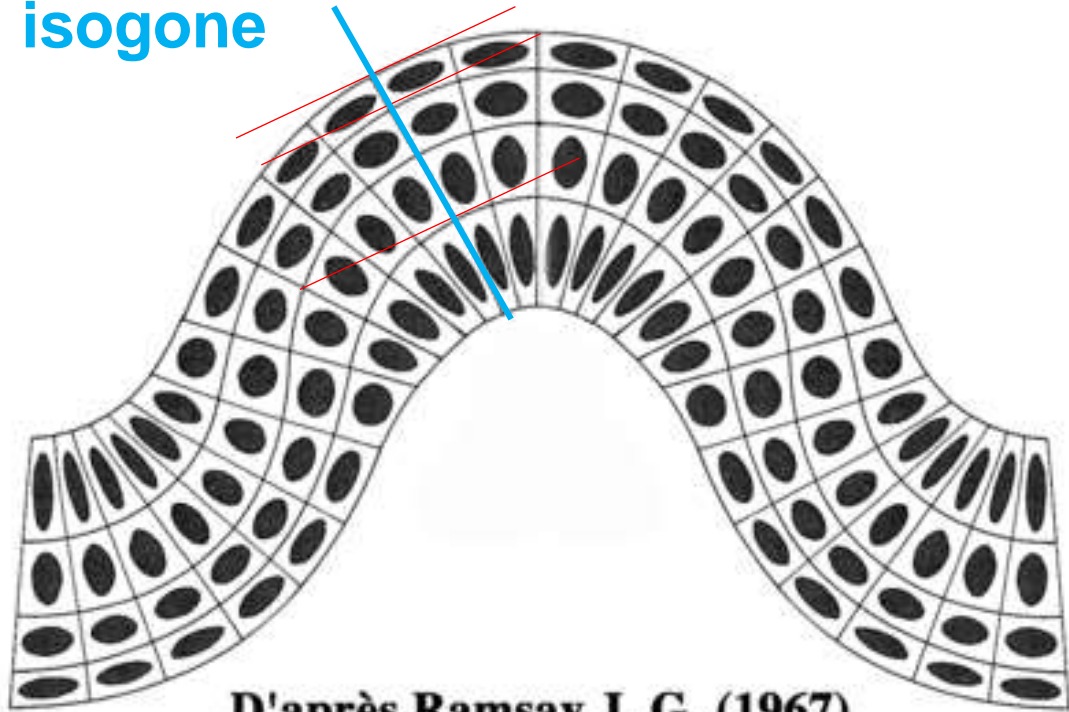
Photographie Alain Lemarié

Document 27. Mécanismes de formation des plis isopaques.

Pli avec des déformations de charnière

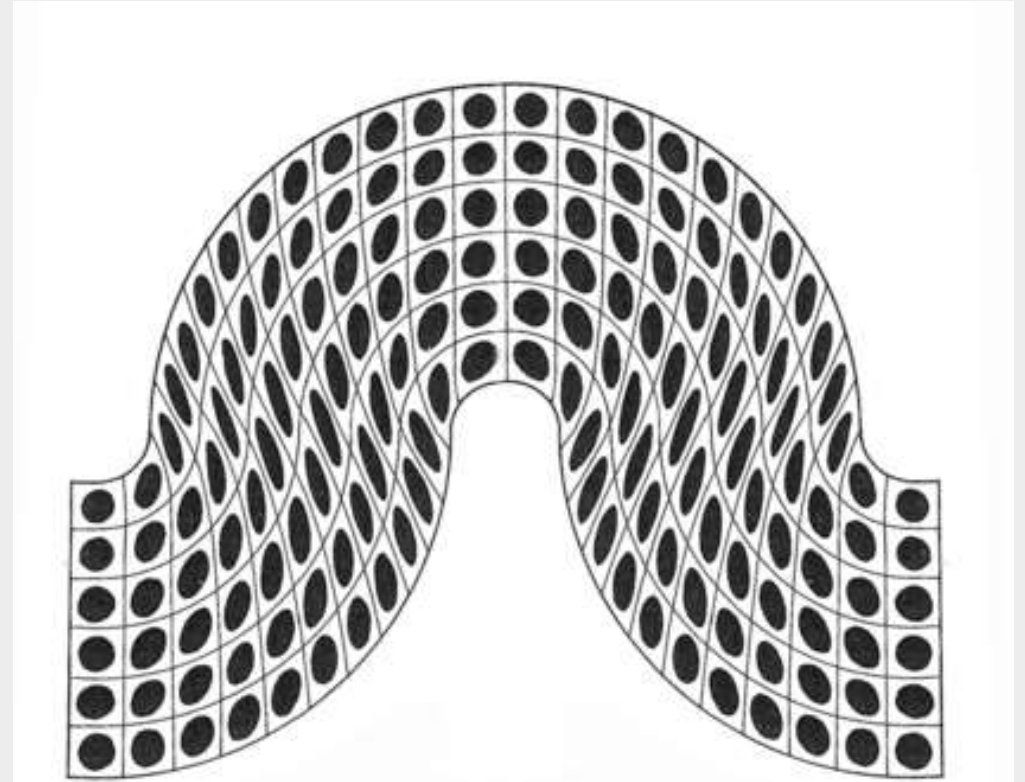
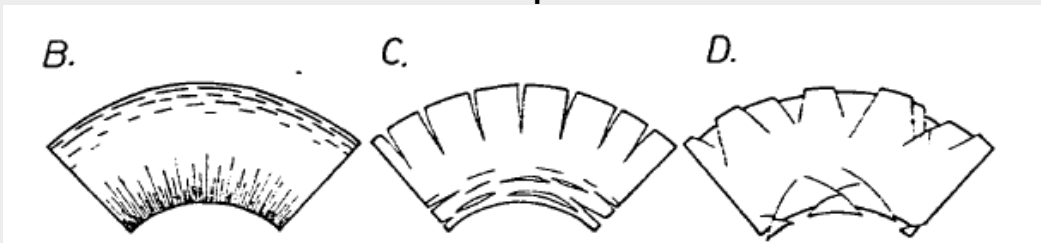
Pli avec des déformations de flanc

isogone



D'après Ramsay J. G. (1967)

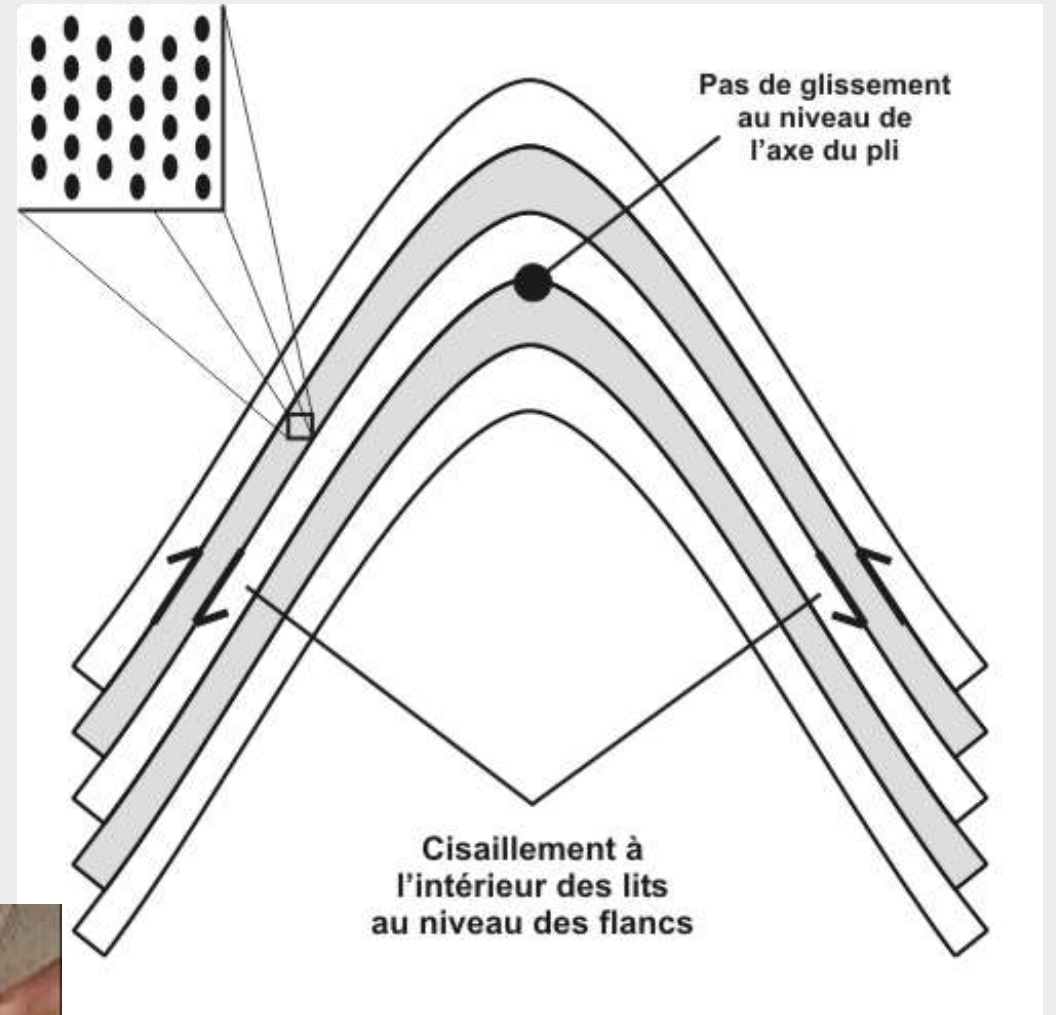
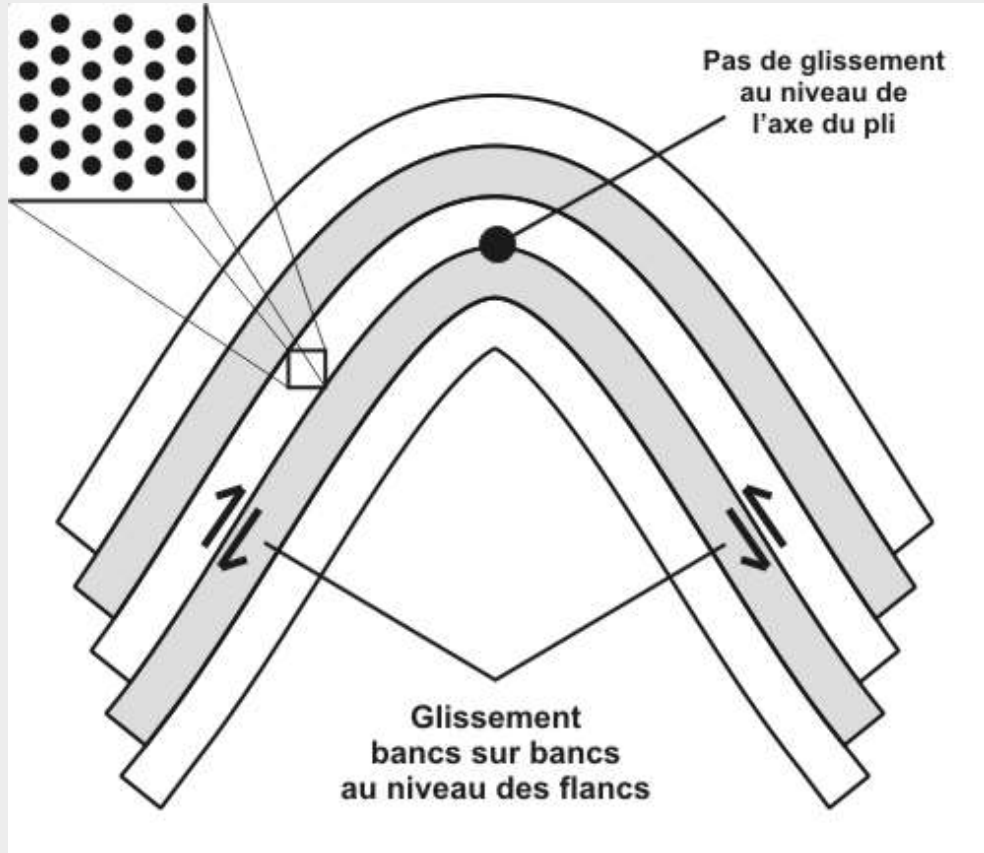
Modèle : bloc de pâte à modeler



D'après Ramsay J. G. (1967)

Modèle : paquet de feuilles

Document 28. Mécanismes de formation des plis anisopaques.



Modèle : paquet de cartes



Document 29. Relation pli / schistosité.

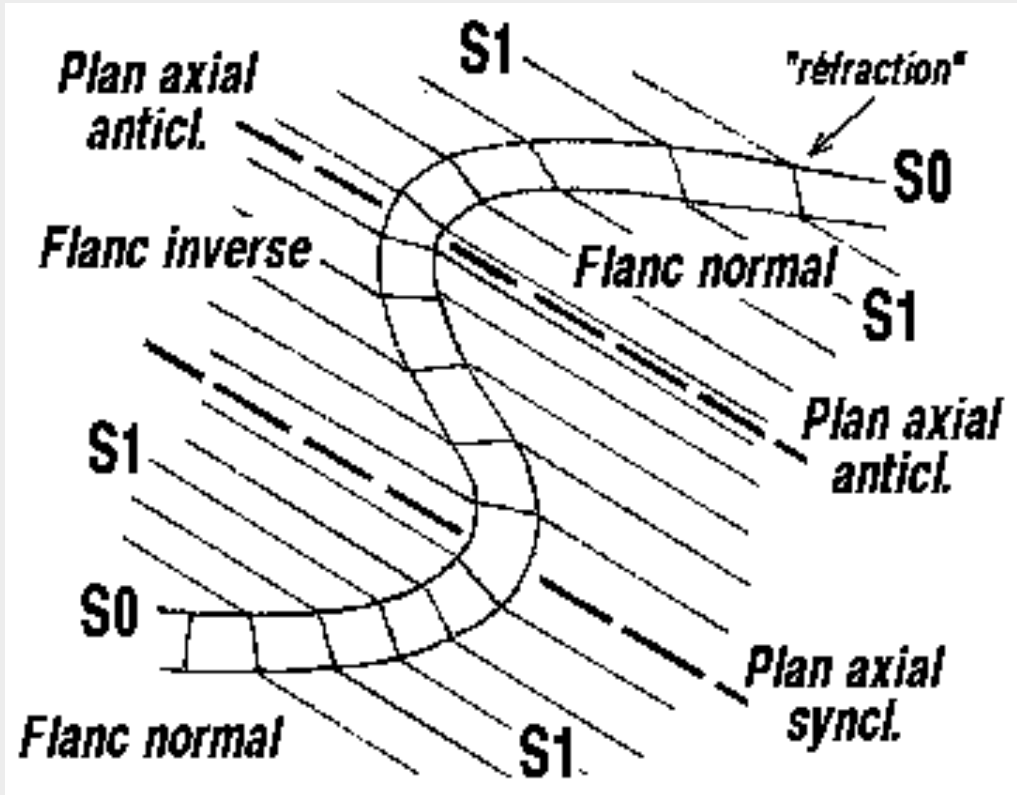
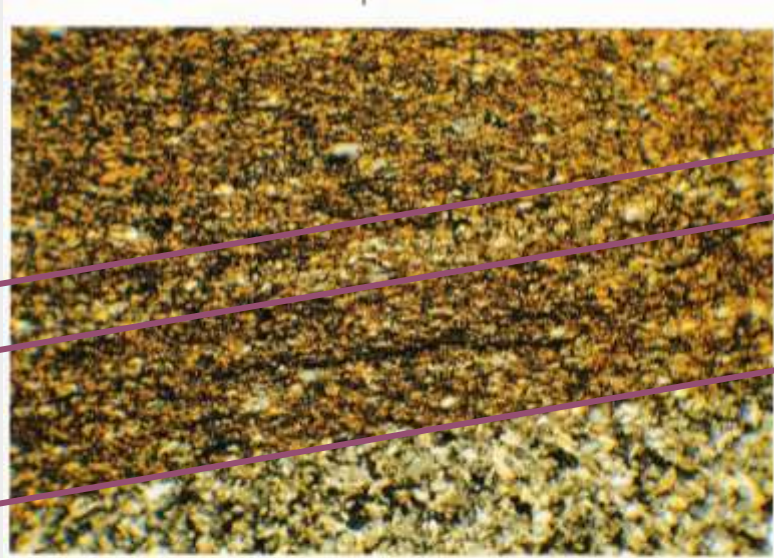
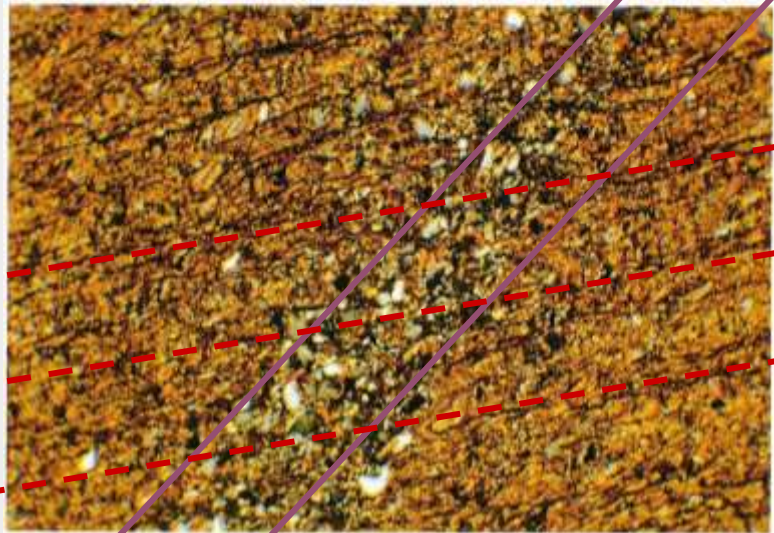


photo Alex Clamens

Diverses structures planaires vues au microscope

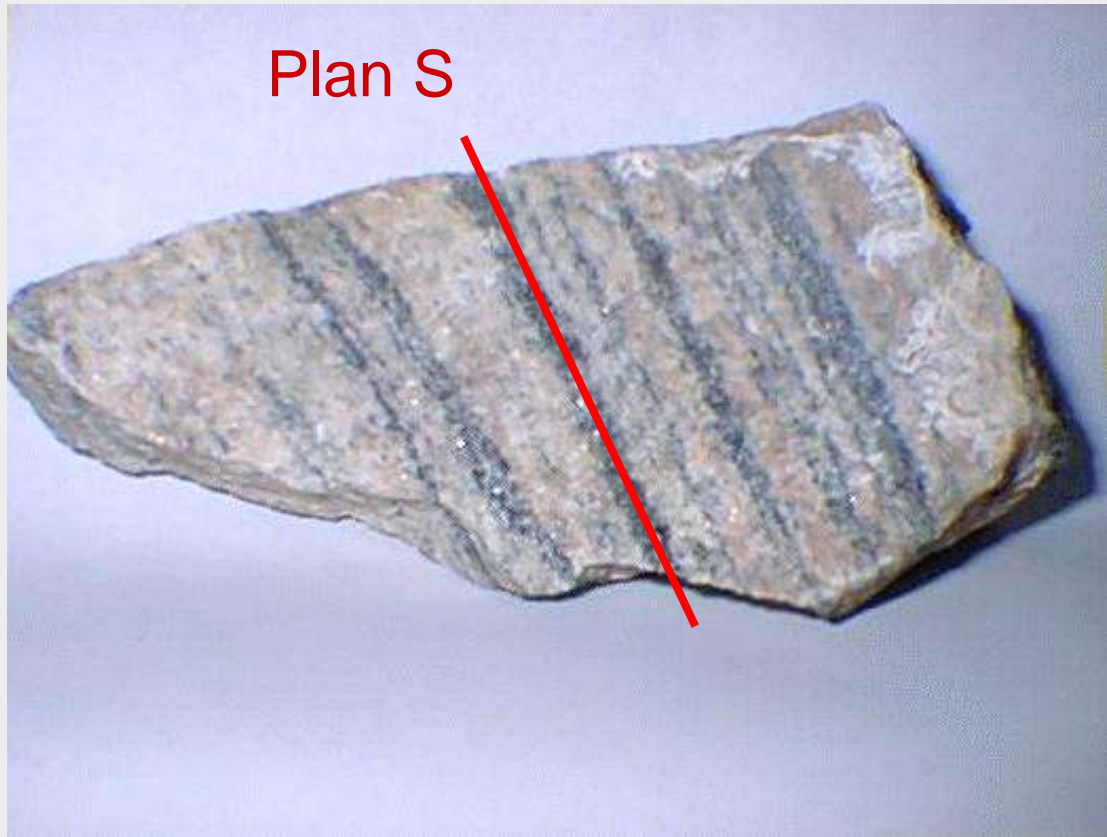


Litage sédimentaire S_0

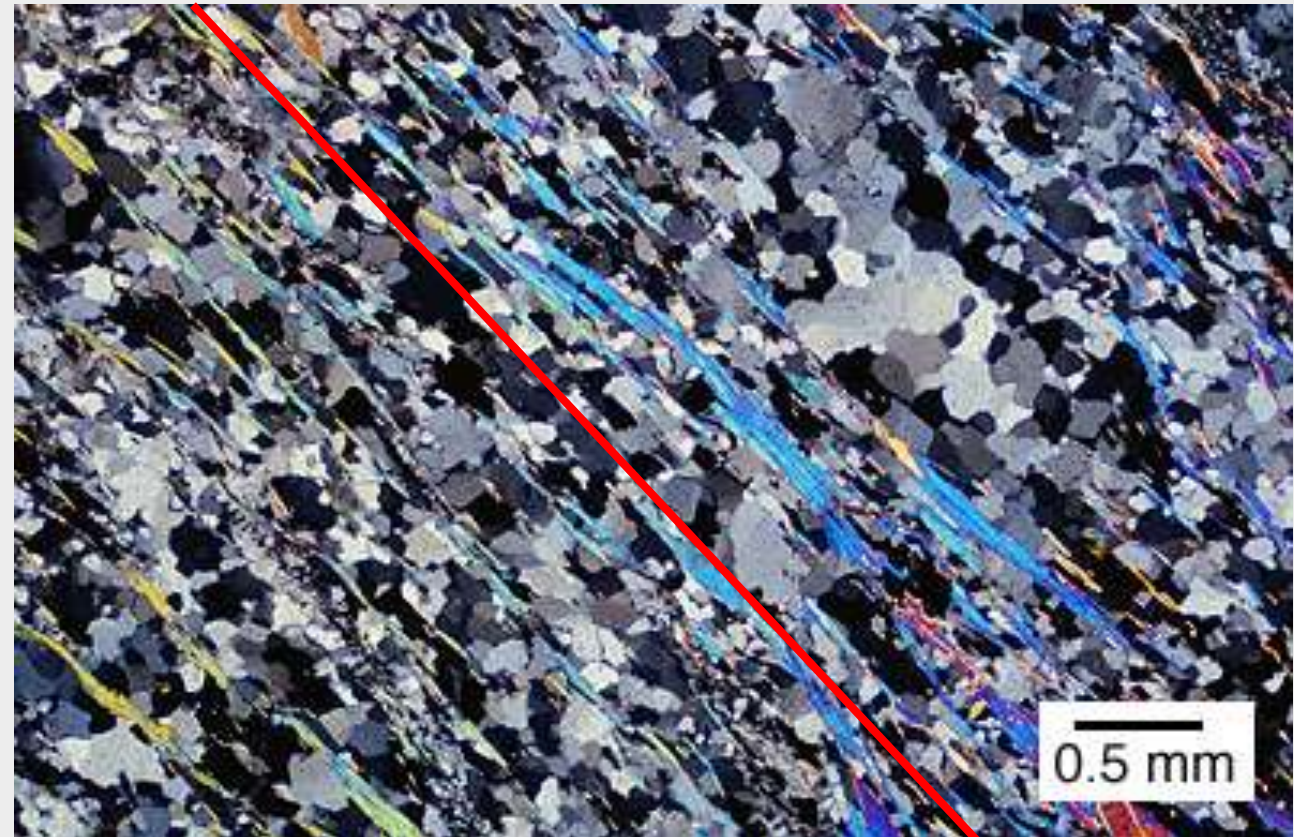


Litage sédimentaire S_0

Schistosité S_1



Observation macroscopique
Ech : 10 cm



Observation microscopique
en LPA

Plan S

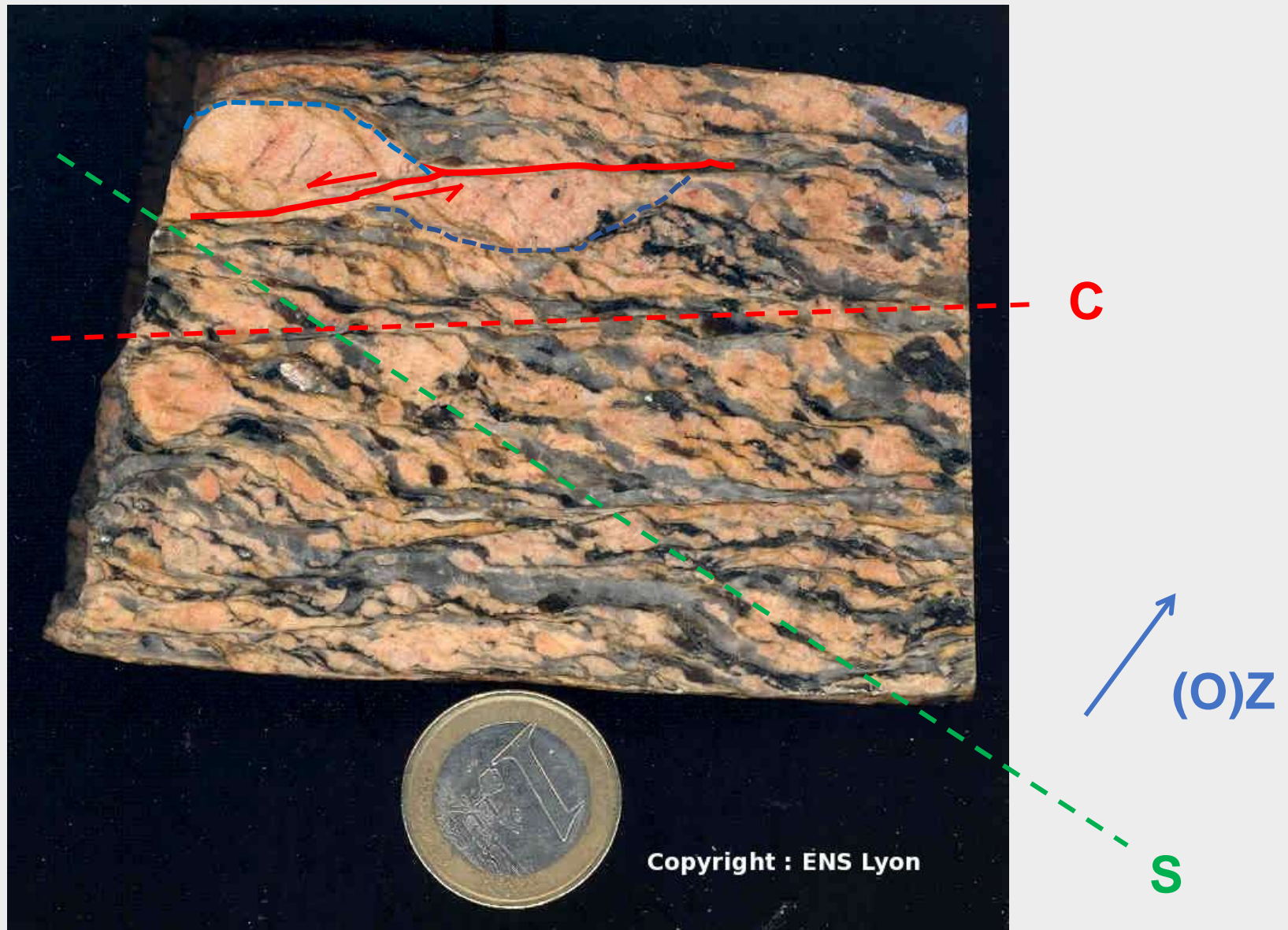
Exemple d'un gneiss



Copyright : ENS Lyon

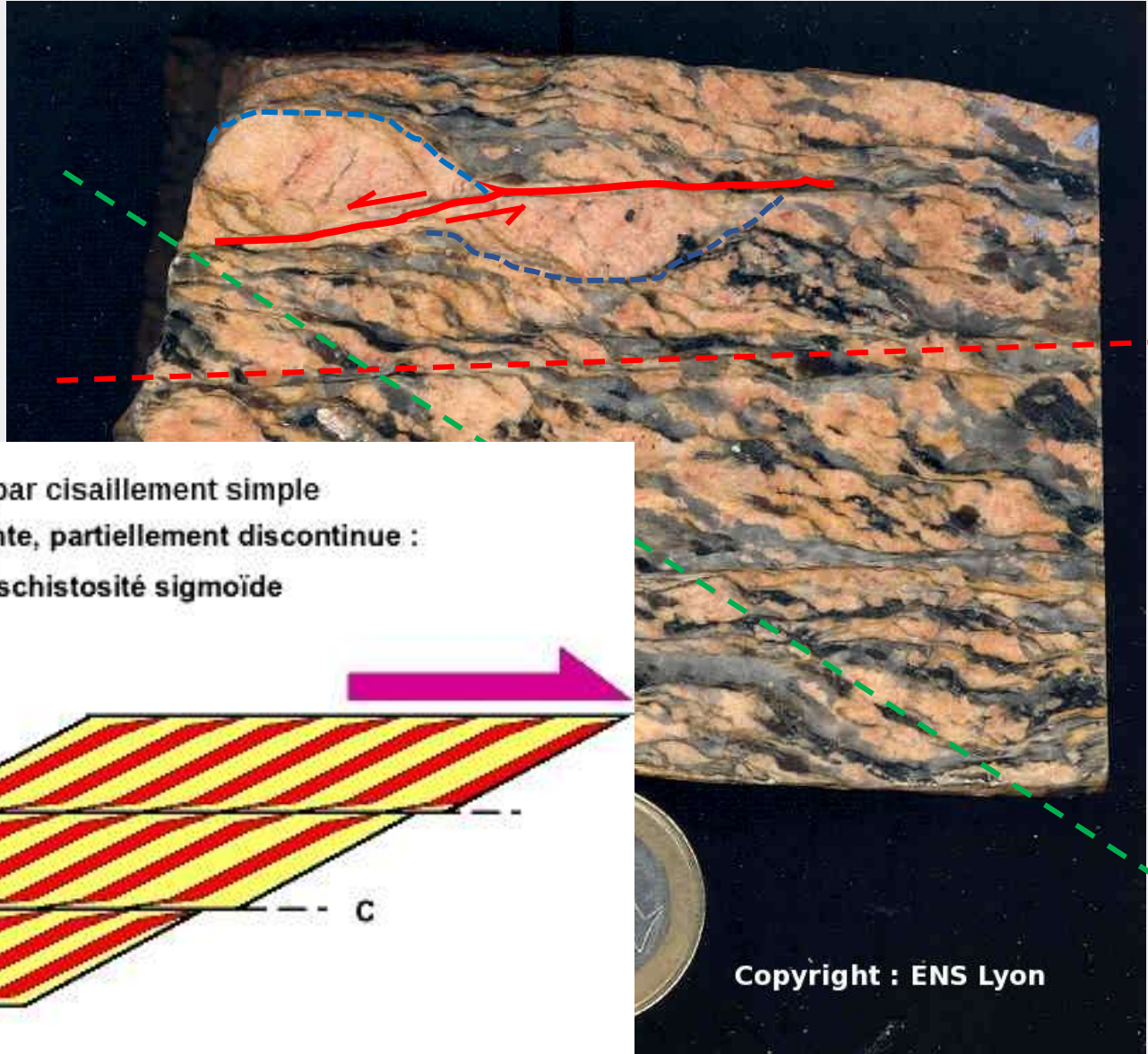
Granite cisailé, Dun le Palestel

(<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/schisto-cisailt.xml>)

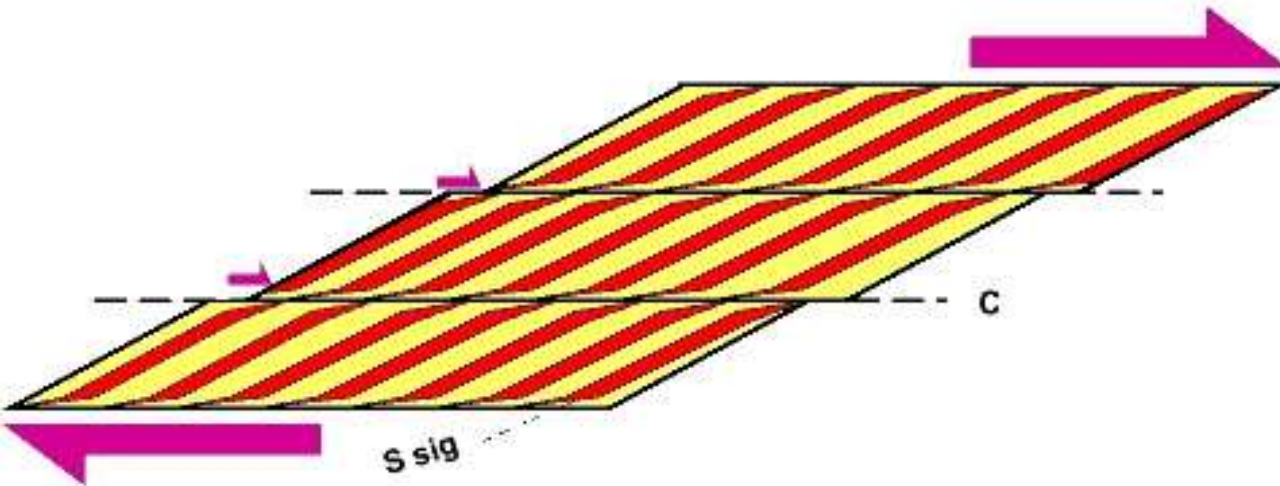


Granite cisailé, Dun le Palestel

(<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/schisto-cisailt.xml>)



Déformation par cisaillement simple
 Déformation importante, partiellement discontinue :
 plans C et schistosité sigmoïde



S sig = plan d'aplatissement cisailé = schistosité sigmoïde
 C = plan de cisaillement

Copyright : ENS Lyon

alestel

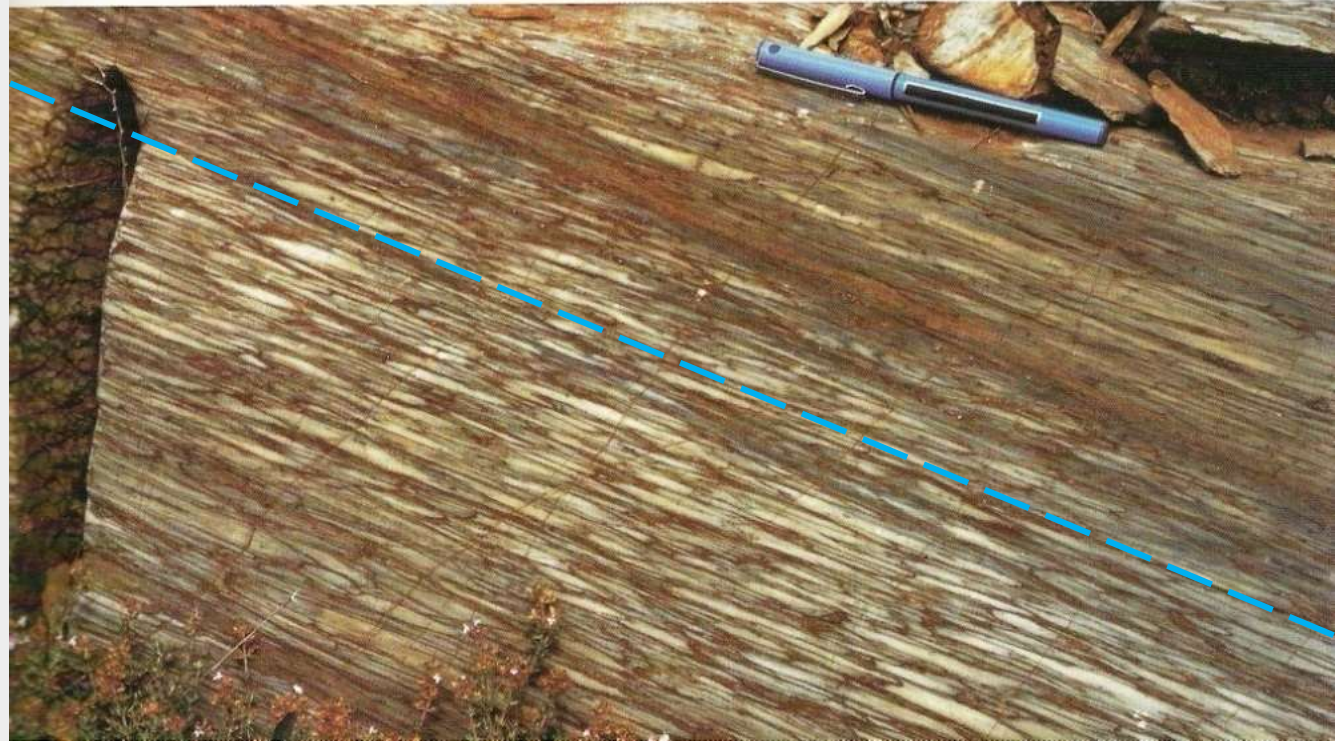
(source/schisto-cisailt.xml)

Linéations

**Pas de
linéation**



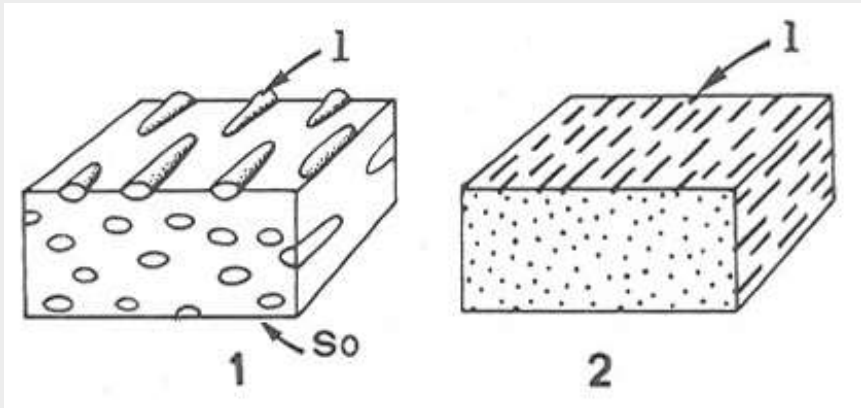
Linéation



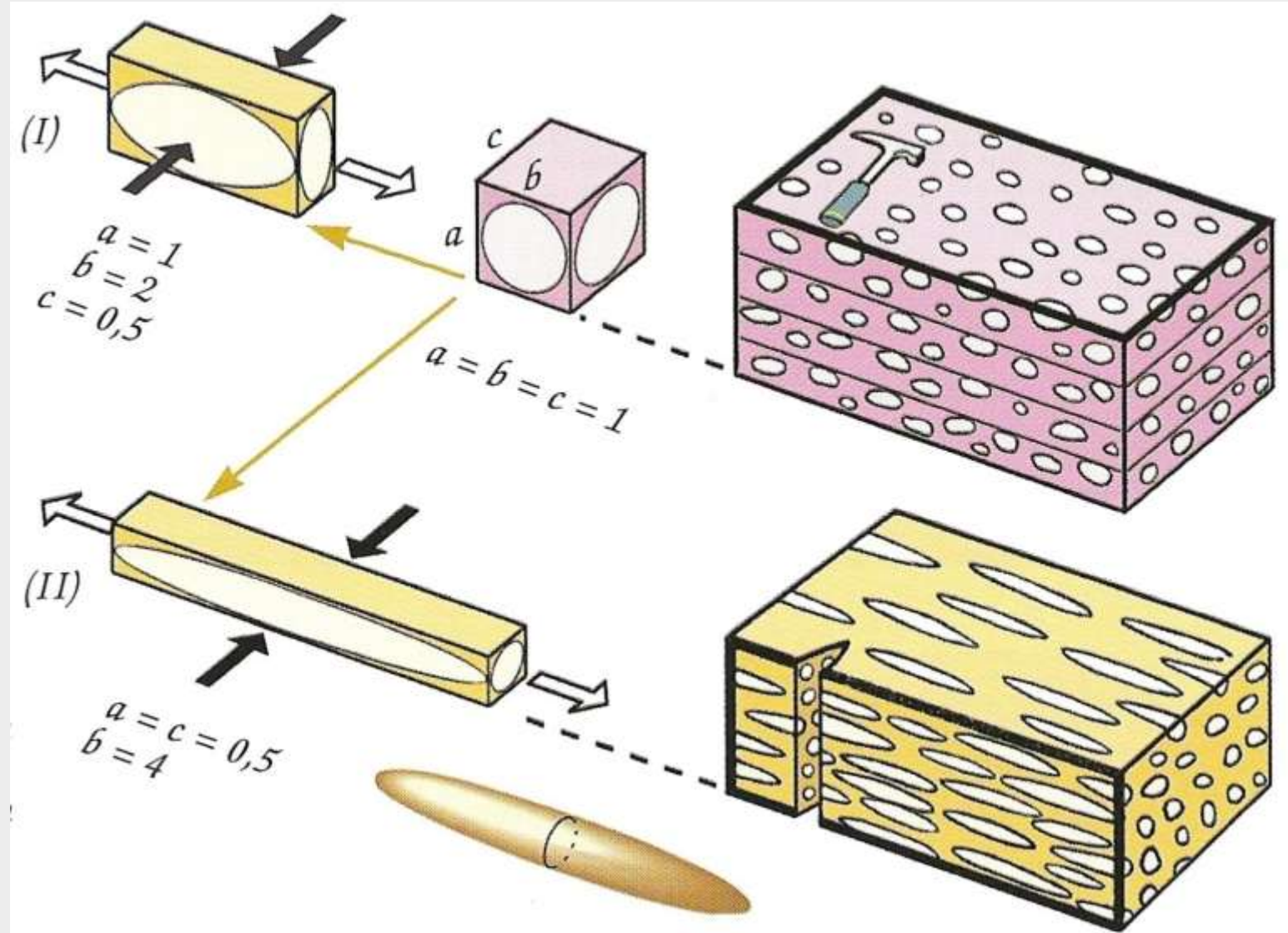
Document 30. Linéations d'allongement.



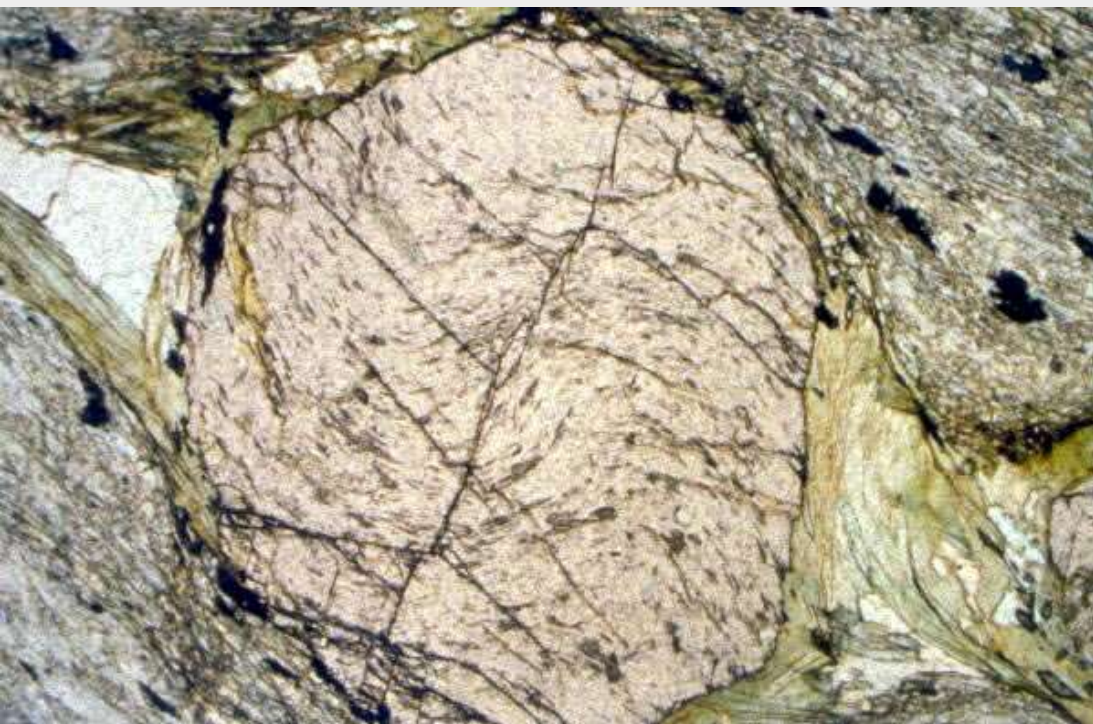
Linéation d'allongement dans un gneiss



Elles permettent de déterminer (O)X



Interprétation



Lame mince de glaucophanite de L'île de Groix (Morbihan).

La foliation principale est défléchie par le grenat, qui est donc plus vieux que la foliation principale (grenat anté-tectonique). On constate que le grenat contient une foliation sigmoïde. Sa croissance s'est donc déroulée pendant une phase tectonique qui entraînait des mouvements rotationnels.

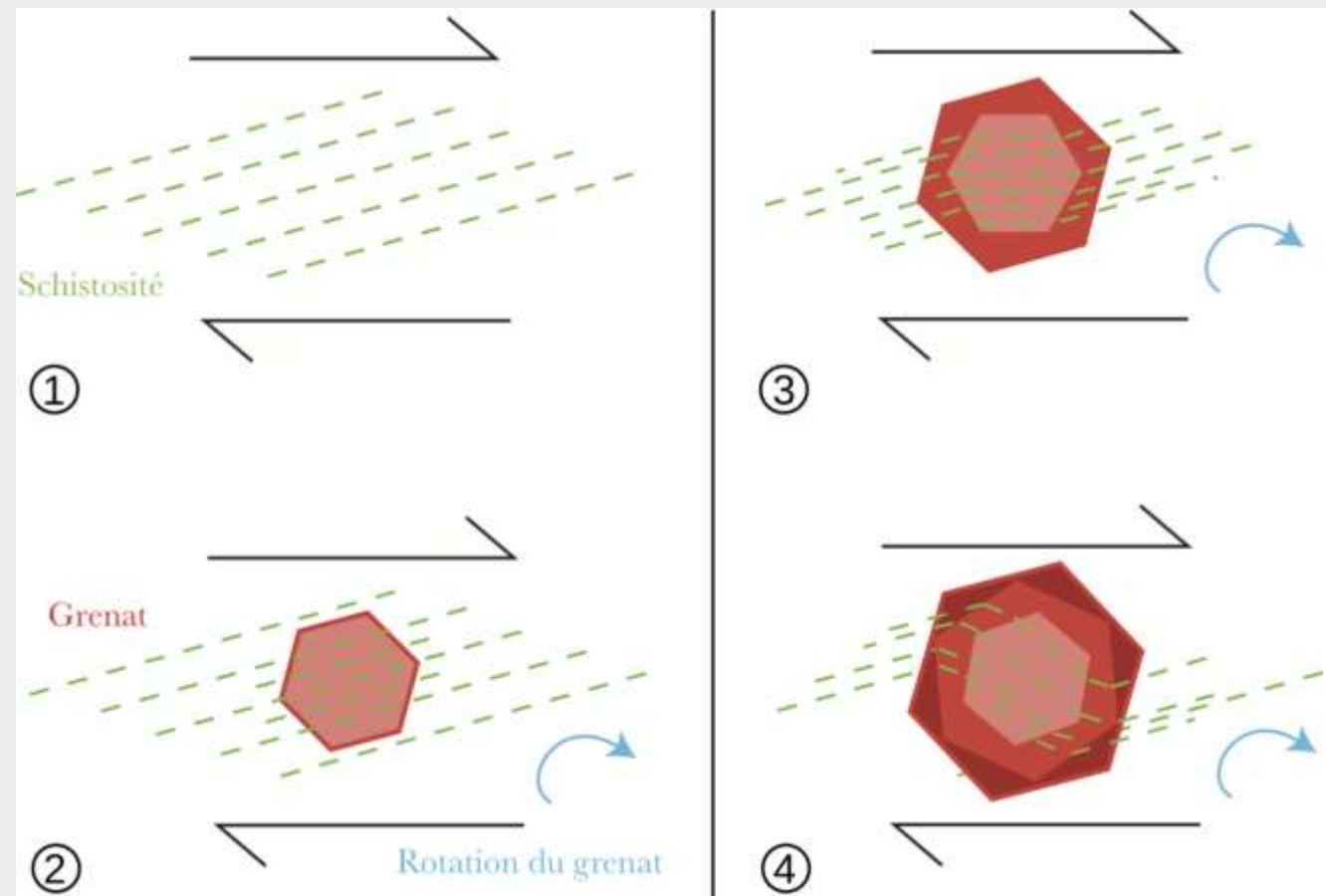
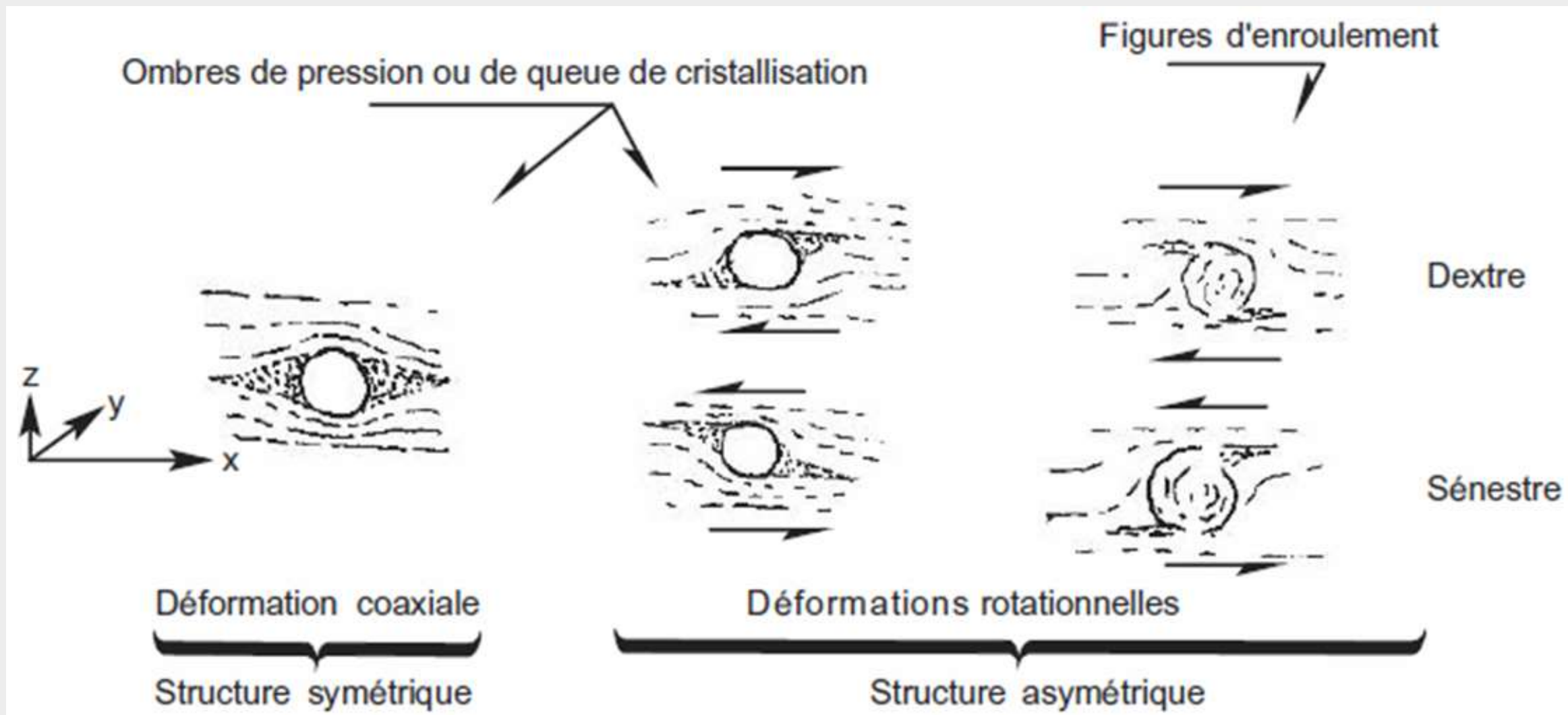


Schéma théorique de formation des inclusions hélicitiques dans les grenats

Document 31. Disposition des recristallisations dans le cas de déformations coaxiale ou rotationnelle.



Document 32. Bilan : déformations à petite échelle.

Indices des axes de la déformation finie		Indices sur le mode de déformation instantanée
Indices d'élongation (OX)	Indices de raccourcissement (OZ)	Indices de cisaillement
<ul style="list-style-type: none">• failles normales• fentes de tension• linéations d'étirement	<ul style="list-style-type: none">• failles inverses• schistosité• stylolithes	<ul style="list-style-type: none">• asymétries, par exemple recristallisations sigmoïdes